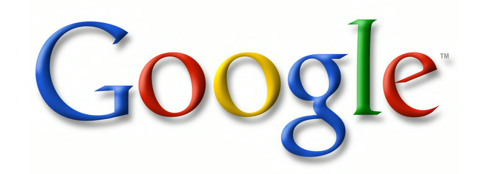
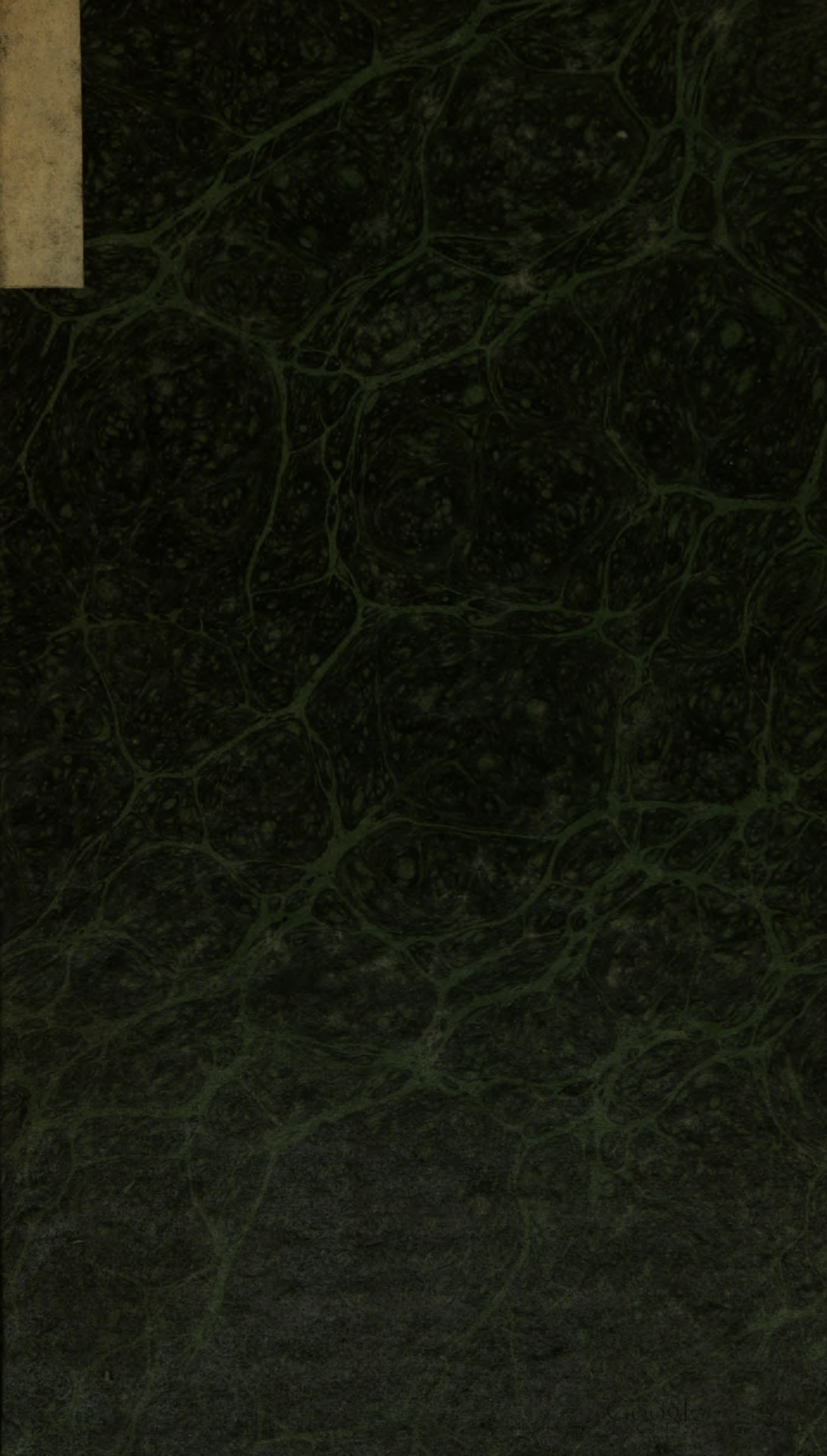






Lehrbuch

der

Meteorologie

von

Ludwig Friedrich Kämtz,

Professor an der vereinigten Friedrichs-Universität zu Halle.



Pour decouvrir les lois de la nature, il faut, avant d'examiner les causes des perturbations locales, connaître l'état moyen de l'atmosphère et le type constant de ses variations.

HUMBOLDT.

Erster Band.

Mit drei lithographirten Tafeln.

Halle,
in der Gebauerschen Buchhandlung
1831.

Vorrede.

Im Jahre 1823 theilte der verstorbene Professor Meinecke in der hiesigen naturforschenden Gesellschaft seine Ansichten über die Oscillationen des Barometers mit. Nicht in der Atmosphäre, sondern im Innern der Erde, sollte ihre Ursache liegen; durch einen eigenthümlichen Prozeß, welchen er mit dem Namen des Athmens bezeichnete, sollte der Boden bald Luft absorbiren, bald wieder aushauchen, dadurch das Barometer bald sinken, bald steigen. Nachdem der Verfasser diese in ein neues Gewand gekleidete Hypothese Woodward's bekannt gemacht und nicht richtig aufgefaßte Thatsachen daraus abgeleitet hatte, waren die Meinungen über ihren Werth sehr getheilt. Einige Naturforscher, besonders diejenigen, welche nie eine Beobachtung des Barometers gemacht hatten und das ganze Instrument höchstens aus vor Zeiten gehörten Vorlesungen über Physik kannten, nahmen diese Hypothese um so lieber mit Beifall auf, da ihrer Phantasie hier ein großer Spielraum gegeben war. Herr Hofrath Keferstein verfolgte

diese Ansicht weiter und baute darauf seine Quellentheorie, deren höchstes Princip der Satz war, daß die Erde atmosphärische, also sauerstoffreiche Luft absorbire, diese durch eine eigenthümliche, nicht näher angegebene, Function in Wasser verwandle und den Rückstand als kohlensaure, also sauerstoffarme Luft wieder aushauche.

Der Gegenstand gab Veranlassung zu manchen Discussionen in der gedachten Gesellschaft; ich wurde aufgefordert, die Basis dieser Untersuchung, die Abhandlung Meinecke's, näher zu prüfen. Eine flüchtige Ansicht dieser Arbeit zeigte schon, daß ihr Urheber die Thatsachen selbst nicht ganz richtig angegeben hatte; aus der Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche und ihrer ungleichen Aenderung für gleiche Differenzen der Breite leitete ich die Zunahme der unregelmäßigen Barometerschwankungen mit der Entfernung vom Aequator her, und wies nach, daß die geognostische Beschaffenheit des Bodens, welche Meinecke als die wichtigste Ursache des Phänomenes angesehen hatte, darauf nicht den geringsten Einfluß hätte. Indem ich für mehrere Orte die barometrischen und thermometrischen Windrosen entwickelte, zeigte sich der innige Zusammenhang beider sehr auffallend. Die schnellen Aenderungen des Barometers bei Gewittern, die plötzlichen Aenderungen der Windrichtung bei diesen Erscheinungen, so wie bei dem Niederschlage des Hagels, bewiesen, daß die Oscillationen der Wärme die wichtigste Rolle bei den Barometerschwankungen spielten, und daß die Hypothese, welche Leopold v. Buch einige Jahre früher entwickelt und auf so sichere Principien basirt hatte, die naturgemäße sey. Ganz den v. Buch angegebenen Andeutungen folgend, theilte ich in diesem in wenigen Wochen ausgearbeiteten Aufsatze die meisten der in vorliegendem Werke aufgestellten Ansichten mit.

Als ich im Februar 1824 die barometrische und thermometrische Windrose für Stockholm bestimmte, fiel es mir bei Zusammenstellung der Beobachtungen auf, daß manche Winde im Sommer fast ganz fehlten, während sie im Winter häufig waren, und umgekehrt. Lambert's Formel, welche ich durch die Abhandlung des Herrn v. Buch kennen lernte, zeigte mir den Weg zur näheren Untersuchung dieses Gegenstandes: ich fand in Stockholm und Berlin eine bestimmte Abhängigkeit der Windrichtung von den Jahreszeiten. Herr Professor C. Ritter, welchem ich bei einer Durchreise durch Berlin die ersten von mir gefundenen Resultate mittheilte, munterte mich auf, den Gegenstand weiter zu verfolgen, und machte mich auf mehrere näher zu untersuchende Punkte, namentlich den Einfluß der Gebirge auf die mittlere Windrichtung, aufmerksam.

So fing ich im Sommer 1824 an, sämmtliche in den Mannheimer Ephemeriden mitgetheilten Beobachtungen des Windes zu bearbeiten, ich wollte alle vorhandenen Aufzeichnungen benutzen, fing die Arbeit in einem zu großen Maaßstabe an; länger als ich anfangs geglaubt hatte, hielt mich dieses Durchgehen der meteorologischen Tagebücher auf. Am Ende des Jahres 1826 hatte ich die meisten der im dritten Abschnitte für Deutschland und Italien mitgetheilten Resultate gefunden. Nachdem ich die Windverhältnisse im Allgemeinen kennen gelernt hatte, fing ich an, die Windrichtung bei den Niederschlägen des Regens und Schnees näher zu untersuchen. Schon im Anfange meiner Arbeit hatte ich gefunden, daß in Stockholm die mittlere Richtung aller Winde und die mittlere Richtung bei Niederschlägen fast auf einander senkrecht ständen. Ich hielt dieses Resultat für allgemein; eine Vergleichung der vom Herrn v. Buch für Berlin gegebenen Verhält-

**

nisse zeigte das Unhaltbare dieser Ansicht. Durch Beobachtungen an andern Orten lernte ich den Unterschied der Regenverhältnisse im nördlichen und mittleren Europa kennen, ich unterschied die beiden Gruppen von Klimaten, welche ich im vierten Abschnitte mit dem Namen der mitteleuropäischen und schwedischen bezeichnet habe.

So war dasjenige, was ich über das allgemeine Verhalten der Winde gesagt habe, bereits im Anfange des Jahres 1827 vollendet; ich wollte diese Arbeit in dem Jahrbuche für Physik und Chemie bekannt machen, als Schouw's Beiträge zur vergleichenden Klimatologie erschienen. Die Resultate in dieser Schrift stimmten nahe mit den von mir gefundenen überein, und ich hielt es für unnöthig, meine Arbeit bekannt zu machen. In einer Recension dieser Schrift, welche in der Allgemeinen Literatur-Zeitung für 1828 abgedruckt wurde, zeigte ich die Abweichungen der Ansichten Schouw's von den meinigen; ich machte aufmerksam, daß es nöthig sey, thermometrische Windrosen zu berechnen, und wies den Zusammenhang dieser mit den barometrischen nach, zugleich bemerkend, daß wir nicht im Stande seyen, den Stand des Barometers bei verschiedenen Winden blos aus der Temperatur herzuleiten, sondern daß wir zugleich auf die mittlere Richtung des Windes Rücksicht nehmen müßten. Dem Plane dieses kritischen Blattes zufolge konnte ich die Resultate nur kurz andeuten. Später erschien die ausführliche Arbeit des Herrn Professor Dove, in welcher er den Zusammenhang zwischen dem Stande des Barometers und Thermometers in Paris näher untersuchte. Auch in der Folge ist es mehrmals der Fall gewesen, daß Herr Professor Dove in seinen Aufsätzen in Poggendorff's Annalen Resultate mitgetheilt hat, zu denen ich ebenfalls gelangt war, und es dürfte dieser Umstand dazu dienen, die Wahr-

scheinlichkeit derselben zu zeigen. Zugleich giebt dieser Umstand einen Beweis ab, wie nichtig der von Gelehrten geführte Streit über die Priorität der Entdeckungen häufig ist. So wenig ich die Arbeiten des Herrn Dove vor ihrem Erscheinen kannte, eben so fest bin ich überzeugt, daß er Nichts von meinen Resultaten wußte. Indem wir beide dem von den Herren v. Buch und v. Humboldt angedeuteten Wege folgten, mußten wir sehr bald zu Resultaten gelangen, welche zum großen Theil übereinstimmten.

Bei einer Vergleichung des Umfanges der unregelmäßigen Barometerschwankungen erkannte ich außer der längst bekannten Zunahme dieses Elementes mit der Breite sehr bald eine Abhängigkeit von der Länge. Indem ich auf einer Karte die Punkte verband, an denen diese Größe gleich war, fand ich einige Aehnlichkeit zwischen diesen Linien und den magnetischen Isoklinen. Um einen Grund für diese Aehnlichkeit aufzusuchen, verfolgte ich aufs Neue einen Gegenstand, auf den ich schon im Anfange meiner Untersuchungen aufmerksam geworden war, dessen Bearbeitung ich mehrmals angefangen, aber auch wieder aufgegeben hatte, nämlich den Einfluß der Winde auf die unregelmäßigen Aenderungen der Declination. Nach Vollendung dieser mühsamen Arbeit erkannte ich die Abhängigkeit von den Winden fast eben so bestimmt, als uns dieses der Stand von Barometer und Thermometer zeigen.

Die Arbeit Gasparin's über die Regenverhältnisse von Europa, welche ich am Ende des Jahres 1828 kennen lernte, zeigte, daß auch bei diesem von mir bis dahin weniger beachteten Phänomene eine gewisse Regelmäßigkeit vorhanden wäre. Bei weiterer Verfolgung dieses Gegenstandes fand

ich, daß Gasparin's Eintheilung von Europa wenig brauchbar sey, da der Verfasser die Jahreszeiten nicht zweckmäßig angenommen hatte. Die Meinung, welche Herr v. Buch in seiner Abhandlung über das Klima der Canarischen Inseln aufgestellt hatte, schien die naturgemäße zu seyn. Ich wurde erst später auf das eigene Verhältniß zwischen den Winter- und Sommerregen aufmerksam, ein Verhältniß, welches wir auf eine ähnliche Art bei den Gewittern an den Küsten und im Innern des Continentes wieder finden. Wie wichtig diese Vertheilung des Regens im Jahre für die Temperatur der Luft und des Bodens sey, werde ich im zweiten Bande zeigen.

Verfolgt man sorgfältig die Fortschritte der Meteorologie, so gelangt man sehr bald zu der Ueberzeugung, daß dieser Theil der Physik erst in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts wissenschaftlicher behandelt wurde. Zwei Genfer Gelehrte, Saussure und de Luc, welche die Erscheinungen der Natur in den Schweizer Alpen studirten, zeigten, daß bei den oft complicirten Phänomenen in der Atmosphäre bestimmte Gesetze Statt fänden, daß man bei Untersuchung meteorologischer Gegenstände stets auf die klimatologischen Verhältnisse Rücksicht nehmen müßte. War ihr Streben auf denselben Punkt gerichtet, so wichen ihre Resultate sehr bedeutend von einander ab. Sich strenge an die Erfahrung haltend und nur auf vollkommen begründete Sätze weiter bauend, theilte Saussure in seinen Reisen durch die Alpen und in seiner Hygrometrie eine Menge scharfsinniger Bemerkungen mit, welche in Folge durch die Arbeiten anderer Naturforscher bestätigt sind. War auch de Luc in seinen Untersuchungen über die Modificationen der Atmosphäre noch demselben Wege gefolgt, so verließ er diesen fast ganz in seinen Ideen über die Meteorologie.

durch ein schlechtes Instrument geleitet, dessen Sprache er nicht untersucht hatte, stellte er eine Menge von Sätzen auf, welche er zu schnell aus seinen Prämissen gefolgert hatte. Seine Hypothese, nach welcher fast alle Erscheinungen in der Atmosphäre durch chemische und electrische Prozesse bedingt werden sollten, fand um so mehr Beifall, da die gleichzeitigen Untersuchungen von Lavoisier, Scheele und Priestley über die Gase ihr zu Hülfe zu kommen schienen. De Luc stellte ein vollständiges System der Meteorologie auf, das sich ohne Mühe ausziehen und in den Lehrbüchern vortragen ließ. Die Untersuchungen von Saussure paßten nicht in das System und wurden daher übersehen.

Hemmte de Luc vielleicht durch seine voreiligen Behauptungen die Fortschritte der Wissenschaft, so verschaffte er der Meteorologie doch viele Freunde. Durch seine Arbeiten wurde auf den Mangel an Beobachtungen aufmerksam gemacht, die Zahl der meteorologischen Observatorien vermehrte sich. Der Kurfürst Carl Theodor von der Pfalz schickte nach fernen Gegenden Instrumente, welche alle bis dahin verfertigten an Genauigkeit übertrafen und vollkommen übereinstimmend waren. Nicht blos über Europa, sondern auch über America und Grönland verbreiteten sich die Bemühungen der Mannheimer meteorologischen Societät, und noch lange werden die von ihr herausgegebenen Ephemeriden die wichtigste Fundgrube für Meteorologie seyn.

Zwei Deutsche, die Herren v. Buch und v. Humboldt, verfolgten aufs Neue den von Saussure empfohlnen Weg. In einer Reihe von Abhandlungen, die seit dem Anfange dieses Jahrhunderts erschienen, machten sie auf die allgemeine klimatologische Behandlung der einzelnen Phänomene

aufmerksam. Die Arbeiten über die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche und über die barometrischen Windrosen gehören zu den wichtigsten und lehrreichsten, welche je erschienen sind. Wie wichtig die Resultate seyen, zu denen man gelangt, wenn man die hier angegebenen Ideen weiter verfolgt, das zeigen die Arbeiten des Herrn Professor Dove hinreichend.

Ausgezeichnete Geometer haben sich seit langer Zeit bemüht, die Gesetze vieler Erscheinungen auf analytischem Wege zu entwickeln. Die Arbeiten von d'Alembert, Fourier, Laplace, Tralles und Andern sind den Lesern wenigstens dem Namen nach bekannt. Ich habe auf diese Arbeiten wenig Rücksicht genommen. So überraschend zum Theil die darin vorgetragenen Resultate sind, so elegant häufig das Verfahren ist, durch welches die Endausdrücke gefunden wurden, so scheinen mir diese Arbeiten doch wichtiger für den Mathematiker, als für den Physiker. Es zeigen uns dieses besonders die neuesten Untersuchungen von Fourier über die Wärme der Erde. Bei diesem im hohen Grade verwickelten Phänomene leitet der Verfasser die Temperatur des Bodens nur aus der directen Einwirkung der Sonne her, und daher gelangt er zu dem Resultate, daß die Wärme des Bodens jetzt, wo die Hitze der Erde im Urzustande kaum an der Oberfläche wirksam ist, gleich der mittleren der Luft sey: ein Resultat, dessen Unrichtigkeit längst durch die Erfahrung bewiesen ist.

Mir schien es weit wichtiger, die Resultate der Beobachtungen mitzutheilen. Sorgfältig habe ich dasjenige aufgesucht, was ich in Reisen und Zeitschriften zerstreut fand. Fast ein jeder Abschnitt meiner Schrift wird es meiner Meinung nach zeigen, daß ich keine Mühe gescheut habe, Beobachtungen zu

vergleichen und daraus die wichtigsten Resultate herzuleiten; wenige Monographieen über einzelne Gegenstände der Meteorologie können wohl eine so große Zahl von einzelnen Zusammenstellungen aufweisen. Aber so zahlreich auch diese Berechnungen sind, so kann vielleicht niemand so vollkommen überzeugt seyn, wie viel hier noch zu thun, und wie unvollständig noch vieles entwickelt ist, als ich es bin. Gern hätte ich manche Vergleichungen umfassender angestellt; wer sich aber je mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigt hat, weiß am besten, wie zeitraubend Arbeiten dieser Art sind, und wie man durch Zusammenstellungen, welche eine Zeit von mehreren Monaten erfordern, zuletzt zu einem Zahlenresultate gelangt, welches kaum eine Zeile füllt.

Bei Bearbeitung dieses Werkes habe ich, so weit es mir möglich war, die wichtigsten Untersuchungen früherer Physiker über dieselben Gegenstände verglichen und die Resultate derselben an geeigneten Stellen angegeben. Meistens sind die Titel nur kurz angedeutet, ein vollständiges Verzeichniß dieser so wie der benutzten Reisen werde ich am Schlusse des Werkes geben. Alles Fleißes ungeachtet ist mir Manches entgangen: so habe ich die Abhandlung des Herrn Prof. Dove über den Einfluß der Winde auf die Hydrometeoren ganz übersehen. Ich werde diese so wie mehrere andere Punkte am Schlusse des Werkes nachtragen. Die treffliche Abhandlung von Theodor v. Saussure über den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure erschien erst, als der betreffende Abschnitt bereits gedruckt war.

Und somit schließe ich mit dem Wunsche, daß der Leser diese unter mancherlei ungünstigen Umständen verfaßte Schrift mit Wohlwollen aufnehmen möge. Habe ich nur etwas zur

Begründung dieses noch wenig bearbeiteten Theiles der Physik gethan, so finde ich meine Anstrengungen vollkommen belohnt: sollte diese Schrift aber der Wissenschaft keinen Vortheil bringen, dann würde ich mehrere Jahre meines Lebens verloren haben.

Halle, im April 1831.

L. F. Kämtz.

Inhalt.

Ein-

Einleitung.

In der gasförmigen Hülle, welche die Erde umgiebt, und welche wir Atmosphäre nennen, bemerken wir selbst ohne Anwendung künstlicher Instrumente eine große Zahl von Veränderungen. Fast an keinem Punkte der Erde ist der Zustand der Atmosphäre längere Zeiten ein constanter; das Ansehen derselben, die Witterung, ist vielen Schwankungen unterworfen. Wir finden, um nur einige Fälle zu erwähnen, daß gewöhnlich einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne die Wärme der Luft am kleinsten ist, sodann nach und nach zunimmt, bis sie um 2 Uhr Abends ihr Maximum erreicht, worauf sie wieder bis zum folgenden Morgen sinkt; die ganze Atmosphäre ist bald heiter und der Himmel erscheint mit einer mehr oder weniger tiefen blauen Farbe, während zu andern Zeiten Wolken von dem blendendsten Weiß fast mit allen Farbennüancen bis zum dunkelsten Schwarz sich in der Luft zeigen; bald ist die Atmosphäre fast ganz trocken, und Wasser in einem offenen Gefäße der Luft ausgesetzt, verdunstet mit großer Schnelligkeit, während sich zu andern Zeiten Feuchtigkeit aus der Atmosphäre niederschlägt, geschehe dieses nun langsam, wie beim Thau, oder fast in Strömen, wie beim Gewitterregen. Alle diese Aenderungen im Zustande der Atmosphäre, diese Erscheinungen, welche ihren Sitz in derselben haben, wollen wir Meteore, und denjenigen Theil der Physik, welcher sich mit Beschreibung und Erklärung derselben beschäftigt, Meteorologie nennen.

Die meisten Physiker haben die Lehre von den Meteoren mit dem Namen Meteorologie bezeichnet; andere haben den Ausdruck Atmosphärologie oder Witterungslehre vorgezogen; beide sind eben so passend, es scheint mir jedoch kein Grund vorhanden, den älteren Ausdruck aufzugeben, außerdem

aber scheint es, als ob der Name Atmosphärologie erfordere, daß alle Eigenschaften der Atmosphäre behandelt werden, es muß also dann das Höhenmessen mit dem Barometer, die astronomische Strahlenbrechung u. s. w. discutirt werden, Gegenstände, welche wir hier völlig ausgeschlossen haben. Der Begriff von Meteor, mithin der Umfang der Meteorologie, ist aber zu verschiedenen Zeiten nicht derselbe gewesen, wovon der Grund vielleicht in der Ableitung des Wortes liegt. Von ἄρω abstammend bedeutet αἰώρα oder ἑώρα das Schweben, besonders in der Luft [1]). Hiernach bedeutete μετεώρος alles was in der Luft, über dem Boden, schwebte, und so wendeten die griechischen Philosophen diesen Ausdruck auf alle Erscheinungen an, welche ihren Sitz zwischen ihrem Himmel und der Erde zu haben schienen. Es konnte nicht fehlen, daß bei dem unvollkommenen Zustande, in welchem sich die Erfahrungswissenschaften bei den Alten befanden, sehr viele Erscheinungen in der Meteorologie abgehandelt wurden, welche keinesweges dahin gehören. So untersuchte Aristoteles in seiner Abhandlung über diese Wissenschaft die Natur der Kometen, indem er glaubte, daß dieselben in geringer Entfernung von der Erde schwebend, durch Ausdünstungen von dieser erzeugt würden [2]). Erst seit jener Zeit, wo genauere Messungen die Entfernung der Erscheinungen kennen lehrten, wurde der Begriff von Meteoren schärfer aufgefaßt und blos auf die Ereignisse in der Atmosphäre angewendet.

In neueren Zeiten hat Kastner den Begriff der Meteorologie noch weiter ausgedehnt, als wir dieses bei den Alten finden. Nach ihm ist [3]) „die Meteorologie die Lehre von den Beschaffenheiten und Eigenschaften des Himmlisch-Durchsichtigen und von denen darin vorkommenden überirdischen (d. h. außerhalb des Erdkörpers werdenden) Erscheinungen," wo er unter dem Himmlisch-Durchsichtigen die Weltkörperatmosphäre und den Aether zugleich versteht. Es muß natürlich einem jeden Schriftsteller frei stehen, den von ihm behandelten Gegenstand mit einem ihm ge-

1) ἠερέθεσθαι δὲ κυρίως τὸ ἐν ἀέρι κρέμασθαι, ἐξ οὗ καὶ ἡ αἰώρα. Eustath. ap. Erfurdt. ad Sophocl. Oedip. Reg. 1260.

2) Aristotel. Meteorol. I, 6.

3) Kastner Handbuch der Meteorol. Bd. I. §. 1.

fallenden Namen zu bezeichnen; auf der andern Seite scheint es uns aber unzweckmäßig, in einem Lehrbuche der Meteorologie eine ausführliche Astronomie zu geben, da diese hier wohl Niemand suchen wird.

Achten wir auf die Veränderungen der Atmosphäre an demselben Orte und zu derselben Jahreszeit in verschiedenen Jahren, vergleichen wir ferner den Gang und die Größe dieser Aenderungen an verschiedenen Orten derselben Halbkugel der Erde in einerlei Jahreszeiten, nehmen wir Rücksicht auf die größere oder geringere Entfernung dieser Orte von dem Ufer des Meeres oder von hohen Gebirgen, so entdecken wir sehr bald bedeutende Unterschiede. So fällt Thau in manchen Gegenden in so reichlicher Menge, daß die Kleider der Reisenden davon ganz durchnäßt werden, während er in andern unbekannt ist. Fast allenthalben auf der Erde regnet es, aber welch' ein Kontrast zwischen den reichen Niederschlägen in den am Meere gelegenen Tropenländern und der geringen Regenmenge im Innern großer Kontinente, z. B. Persien und der Sahara! Während sich zwischen den Tropen oft mehrere Monate hindurch keine Wolken am Himmel zeigen und der ewig heitere Himmel den europäischen Reisenden durch seine Einförmigkeit ermüdet [4]), giebt es andere Gegenden, in denen ein heiterer Tag zu den Seltenheiten gehört. Nirgends auf der Erde ist die Atmosphäre ruhig, aber während an einem Orte der Wind das ganze Jahr oder doch mehrere Monate fast unverändert aus derselben Gegend kommt, ist seine Veränderlichkeit in andern Gegenden sprichwörtlich geworden. Alle diese Verschiedenheiten im Gange der Witterung, diese geographische Verbreitung der Witterungsveränderungen muß die Meteorologie untersuchen. Durch die Art, wie die Wärme an einem Orte vertheilt ist, durch die Meteore, welche sich dort zeigen und in welcher Reihe dieselben folgen, wird sein Klima bestimmt. Wir können deshalb diesen geographischen Theil der Meteorologie zweckmäßig Klimatologie nennen [5]). Indessen möchte es wohl schwer seyn, bei Behandlung der Wissenschaft die Meteoro-

---

4) Golberry Fragmens II, 366. Ker-Porter Persia II, 69 und andere.

5) Eben so Schouw Beiträge zur vergleichenden Klimatologie I, 2.

logie im engern Sinne und die Klimatologie strenge von einander zu sondern. Die Klimatologie setzt allerdings die Lehren der eigentlichen Meteorologie voraus; es würden jedoch manche Theile von dieser dunkel bleiben, wofern nicht zugleich Theile der Klimatologie behandelt und eigentlich meteorologische Gegenstände mit Hülfe derselben erklärt würden.

Die Meteorologie untersucht diejenigen physikalischen Phänomene, auf welche die Menschen zuerst aufmerksam wurden, ja deren Beobachtung wohl die ganze Physik ihren Ursprung verdanken möchte. Kein Theil dieser Wissenschaft hat daher den Scharfsinn der Menschen von jeher so viel zu Erklärung der Erscheinungen aufgefordert, als dieser. Mögen wir nun annehmen, daß die Mythologie der Griechen aus einer untergegangenen Naturweisheit entstanden sey, oder denken wir uns, daß dieselbe aus den Vorstellungen eines rohen Naturvolkes hervorging: so viel ist gewiß, daß ein Theil von Griechenlands Göttern, von dem donnernden Zeus bis zur Eos mit den rosigen Wangen, als Urheber von Erscheinungen in der Atmosphäre angesehen wurde. Ist jene ältere Weisheit untergegangen, so sehen wir hieraus wenigstens, daß die Arbeiten des Landmannes, die Wanderungen des Hirten die Menschen nöthigten, diejenigen Ueberreste jener Weisheit, welche sich auf ihre Arbeiten bezogen, im Gedächtnisse zu bewahren; traten die Menschen dagegen aus einem rohen Naturzustande hervor, so suchten sie Gewitter, Regen, Wind und ähnliche auffallende Erscheinungen zu erklären und da sie als Kinder nur lebendige Ursachen von Aenderungen denken konnten, so mußten lebende Wesen Erzeuger jener Phänomene seyn [6]), gerade so wie unsere Bergleute die schlagenden Wetter Kobolden und Berggeistern, so wie die Bewohner von Neu-Südwales die ihnen so schädlichen Nordwestwinde einem in den blauen Bergen wohnenden bösen Geiste zuschreiben [7]); und am Cap Pedro, auf Jamaica, wo der gewöhnliche Landwind fehlt, stieg eine Gesellschaft von Matrosen ans Land, um den hier hausenden, die

6) Vgl. Adam Smith Essays on philos. subjects. 4. Edinb. 1795. p. 3 fg. Humboldt Voyage VIII, 16.

7) Péron Voyage I, 390.

Schifffahrt so beschwerlich machenden Dämon zu tödten [8]). Daher finden wir denn auch, um bei einem verwandten Phänomene stehen zu bleiben, daß die Erdbeben von rohen Völkern stets für eine unmittelbare Wirkung der Gottheit gehalten werden. Das Erdbeben, welches Sodom und Gomorra zerstörte, wurde geschickt, um die ruchlosen Bewohner beider Städte zu vertilgen [9]). Die Rabbinen glauben, daß Gott zu der Stunde, wo er sich an die Schmerzen seiner unter fremden Völkern wohnenden Kinder erinnere, zwei Tropfen ins Meer fallen lasse und daß die auf diese Art erzeugte Erschütterung Ursache der Erdbeben sey [10]). Und eine große Masse ähnlicher Fälle, von dem Schleier der heiligen Agathe bis zu den zu stark geheizten Oefen der Berggeister im Innern der Berge Kamtschatka's, ließe sich mit Leichtigkeit aufzählen [11]).

So alt jedoch auch die Bemühungen sind, Erscheinungen in der Atmosphäre zu erklären, so ist doch die Meteorologie derjenige Theil der Physik, in welchem noch die meiste Dunkelheit herrscht; nur von wenigen Phänomenen sind wir im Stande die eigentliche Ursache anzugeben [12]); fast nie können wir bei einem bestimmten Ansehen des Himmels, bei einem gegebenen Stande der Instrumente mit Bestimmtheit sagen, welche Witterung nunmehr erfolgen werde; noch viele Arbeiten werden erforderlich seyn, wenn die Meteorologie den wichtigsten Forderungen genügen soll, welche an eine Wissenschaft gemacht werden können.

Die Ursache dieser verhältnißmäßig geringeren Fortschritte der Meteorologie liegt darin, daß wir mit der Atmosphäre keine Versuche anstellen können [13]). In der Experimentalphysik wird es uns weit leichter den Zusammenhang der Erscheinungen aufzusuchen, und wenn wir auch nicht im Stande sind, das innere Wesen der Kräfte anzugeben, so können wir doch den Körper, an

---

8) Dampier Traité des Vents p. 34.

9) Genesis XVIII u. XIX.

10) Eisenmenger entdecktes Judenthum. 4. Königsberg 1711. S. 25.

11) Vgl. Cook troisième Voyage I, 299. Steller Kamtschatka S. 47 u. 266.

12) Daniell Essays p. 2.

13) Kastner Meteorol. I, 7.

welchem wir eine Erscheinung beobachtet haben, verschiedenartigen Bedingungen unterwerfen und ganz nach Willkühr eine oder mehrere Kräfte auf ihn wirken lassen. Völlig unmöglich ist dieses Verfahren in der Meteorologie; wir können hier nur die Beobachtung der Erscheinungen, die Folge, in welcher sie sich zeigen, untersuchen und aus ihrer Vergleichung allgemeingültige Resultate herleiten. Aber außer dem Mangel guter Beobachtungen scheint in der Art, wie diese Beobachtungen bearbeitet sind und häufig bearbeitet werden, ein anderer Grund für die geringen Fortschritte der Meteorologie zu liegen. Es würde der Zustand dieser Wissenschaft bei weitem vollkommener seyn, wenn man bei Herleitung der Gesetze das Verfahren der Astronomen befolgt hätte. Während diese zuerst den Lauf eines Himmelskörpers im Allgemeinen berechnen, ohne auf die Störung durch die benachbarten Planeten Rücksicht zu nehmen, suchen die Meteorologen zuerst einzelne Erscheinungen, Perturbationen gleichsam im Laufe der Witterung, an einem Orte zu erklären, ohne auf den allgemeinen Lauf der Witterung an diesem Punkte und die atmosphärischen Erscheinungen in benachbarten Gegenden Rücksicht zu nehmen [14]). Da nun die Ursache vieler Aenderungen, welche sich in der Atmosphäre des mittleren Europa zeigen, in Sibirien oder im atlantischen Meere liegen kann, da bedeutende Aenderungen im Gleichgewichte der Luft fast zu gleicher Zeit in Nordamerika und im Innern von Rußland, in den Niederlanden und am Euphrat wahrgenommen werden [15]), so kann es nicht fehlen, daß hier bei aller Aufmerksamkeit viele Punkte übersehen werden [16]). Und es ist nicht leicht, gleichzeitige Phänomene genau zu untersuchen. Wir wissen namentlich dann, wenn wir nur isolirte Phänomene betrachten, nicht immer was Ursache und was Wirkung war; nur dann, wenn wir dieselbe, oft wiederkehrende Erscheinung in verschiedenen ungleich gelegenen Gegenden der Erde untersuchen, werden wir in den Stand gesetzt, das Locale vom Allgemeinen zu trennen. Wir erkennen auf diese Art am besten die ewige Wechsel-

---

14) Vgl. G. Ch. Lichtenberg Schriften IX, 155 u. Humboldt in den Annales de Chimie VIII, 190.

15) S. Barometerschwankungen.

16) Daniell Essays p. 2.

wirkung zwischen den verschiedenen Theilen des Luftkreises und sehen sehr bald ein, daß dasjenige, welches gegenwärtig Wirkung vorhergehender Phänomene war, im nächsten Momente Ursache künftiger Erscheinungen wird.

Ich will indessen nicht länger dabei verweilen, die Mängel der Wissenschaft anzugeben, sondern sogleich die Ordnung angeben, in welcher die folgenden Untersuchungen mitgetheilt werden sollen.

Betrachten wir zuerst die chemische Beschaffenheit der Atmosphäre, so zeigt eine nähere Untersuchung, daß dieselbe außer mehreren mechanisch in die Höhe gerissenen Körpern vorzüglich aus zwei Hauptbestandtheilen zusammengesetzt ist, permanent elastischen Gasen und Dämpfen. Da indessen die Menge der an einem Orte vorhandenen Dampfmenge von sehr vielen Umständen, namentlich der Temperatur, der Entfernung vom Meere und den Winden abhängt, so ist dieselbe an verschiedenen Punkten sehr ungleich, ja an demselben Orte keinesweges constant. Wir wollen deshalb bei der chemischen Untersuchung der Atmosphäre den Wasserdampf ganz außer Acht lassen und nur die trockenen Gase berücksichtigen.

Unter allen Modificationen der Atmosphäre zeigt sich keine so deutlich und so auffallend, als der Wechsel von Wärme und Kälte, sowohl im Laufe des Tages als des Jahres. Während viele andere Untersuchungen mehr oder weniger zusammengesetzte Apparate erfordern, zeigen uns schon unsere Sinne diesen Wechsel an. Wir wollen daher unter allen physischen und mechanischen Aenderungen der Atmosphäre zuerst den Gang der Temperatur untersuchen; es scheint uns dieses um so zweckmäßiger, da die Erwärmung der Luft durch die Sonne Ursache von sehr vielen andern Erscheinungen ist. Wir wollen demnach in diesem Theile der Meteorologie den Gang der Temperatur während eines Tages und während eines Jahres im Allgemeinen betrachten, ohne auf den ungleichen Unterschied zwischen den mittleren Wärmegraden in den wärmsten und kältesten Zeiten dieser Perioden Rücksicht zu nehmen; eben so wollen wir die Abnahme des Thermometerstandes von dem Aequator bis zu den Polargegenden nur kurz erwähnen, ohne die ungleiche mittlere Wärme, welche sich in derselben Breite auf Inseln und im Innern der Continente, im Ni-

veau des Meeres und auf hohen Bergen zeigt, näher zu untersuchen.

Durch die Wärme der Sonnenstrahlen werden zwei andere Klassen von Aenderungen in der Atmosphäre bedingt, von welchen die eine Ursache von sehr vielen anderen Erscheinungen ist und das Klima einzelner Gegenden mannigfaltig modificirt. Wenn eine Luftsäule mehr erwärmt wird, als eine benachbarte, so erreicht sie dadurch eine größere Höhe; nach den Gesetzen der Aerodynamik müssen hier sogleich Bewegungen in der Atmosphäre, **Winde**, entstehen. Durch diese Winde wird das Gewicht der über einem Orte befindlichen Luftsäule vielfach geändert, kältere Gegenden mit wärmeren, feuchte mit trocknen in Verbindung gesetzt und durch diesen Austausch sehr viele Phänomene erzeugt oder modificirt.

Der größte Theil der Erde ist mit Wasser bedeckt, selbst die Oberfläche des Festlandes zeigt viele und bedeutende Wassermassen. So wie Wasser von der Sonne erwärmt wird, verwandelt es sich in elastischen Dampf, welchen wir allenthalben in der Atmosphäre antreffen. Da die Menge des verdunsteten Wassers von der Temperatur abhängt, da die Luft bei jedem Thermometerstande eine verschiedene Dampfmenge zur Sättigung erfordert, so müssen wir hier zunächst den hygrometrischen Zustand der Atmosphäre zu verschiedenen Zeiten des Tages und Jahres untersuchen. Da ferner die Winde zu einem Orte Luft sowohl vom Meere als aus dem Innern des Landes führen, so müssen wir hier zu bestimmen suchen, wie groß die in der Atmosphäre eines Ortes enthaltene Dampfmenge bei verschiedenen Winden ist. Zeigt sich dann bei dieser Vergleichung, daß die Luft zu gewissen Zeiten mit Dämpfen fast gesättigt ist, dann bedarf es nur einer geringen Erniedrigung der Temperatur, damit ein Niederschlag Statt finde. Wir wollen sodann die Bildung von Thau, Nebeln, Wolken und Regen betrachten, und untersuchen, in welchen Gegenden der Erde und unter welchen Verhältnissen sich dieselben vorzugsweise zeigen.

Erst jetzt wird es uns möglich, den Gang, welchen die Wärme sowohl während eines Tages, als während eines Jahres befolgt, genauer zu verfolgen. Da die Winde Luftschichten aus sehr entfernten Gegenden mit einander vermischen, so ist ihr Ein-

fluß auf die Wärme der Luft sehr bedeutend; wir wollen deßhalb hier den Stand des Thermometers bei verschiedenen Winden untersuchen. Nicht minder einflußreich auf die Temperatur einer Gegend ist der hygrometrische Zustand der Atmosphäre. Da Wasserdampf bei der Entstehung oder beim Niederschlage Wärme bindet oder entbindet, da Nebel oder Wolken bald die Erwärmung durch die Sonne, bald die Erkaltung durch die Wärmestrahlung verhindern, so muß dadurch das Klima eines Ortes auf mancherlei Weise geändert werden: das zu verschiedenen Zeiten herabgefallene Wasser, welches zum großen Theile in den Boden dringt, wird die Wärme von diesem modificiren und dadurch einen mehr oder weniger großen Einfluß auf die Temperatur der Luft ausüben.

Erst nachdem die Gesetze für die Vertheilung der Wärme, die Verbreitung des Dampfes und die Richtung der Winde angegeben sind, wird es uns möglich, auf die Aenderungen im Gewichte der Atmosphäre Rücksicht zu nehmen. Wir wollen demnach den Stand des Barometers zu verschiedenen Zeiten des Tages und Jahres angeben, das Gewicht der trockenen Luft am Spiegel des Meeres in verschiedenen Breiten zu bestimmen suchen und dann zeigen, wie groß der mittlere Barometerstand an einem Orte bei verschiedenen Winden sey und in welchem Zusammenhange derselbe mit der Temperatur bei diesem Winde und der mittlern Luftströmung stehe. Nach diesen Untersuchungen wird es dann begreiflich werden, weshalb die unregelmäßigen Schwankungen des Barometers im Sommer kleiner sind, als im Winter, weshalb sie mit der Annäherung an die Pole wachsen und auf einerlei Breite im Innern der Continente abnehmen. Da die Richtung des Windes beim Regen untersucht, da gezeigt worden ist, unter welchen Umständen die Wolken gebildet werden, so können wir hier über den Stand des Barometers bei wässerigen Niederschlägen reden.

So haben wir denn die allgemeinen Phänomene untersucht, welche in Beziehung auf Wärme, Feuchtigkeit und Gewicht der Atmosphäre zu beachten sind. Wenn indessen Dampf entwickelt oder niedergeschlagen wird, wenn Luftströme von verschiedener Temperatur auf einander treffen, wenn endlich die Vegetation im raschen Fortgange begriffen ist, so findet in der Regel Entwicke-

lung von Electricität Statt. Diese atmosphärische Electricität zeigt sich in geringer Stärke fast zu allen Zeiten des Tages und Jahres, gehört also zu den allgemeinen Erscheinungen der Atmosphäre; sie tritt dagegen sehr mächtig bei den mehr localen Gewittern und den Niederschlägen des Hagels hervor. Indem wir diese Phänomene behandeln, wollen wir auch einige der wichtigsten Theorieen der Meteorologie, welche auf Electricität basirt sind, einer näheren Prüfung unterwerfen.

Wir haben auf diese Art die wichtigsten Phänomene, deren Entstehung durch die Wärme der Sonne bedingt wird, der Reihe nach verfolgt; wir wollen nun die Sonne als leuchtenden Körper betrachten. Die Untersuchung der Phänomene, welche von dem Lichte der Sonne erzeugt werden, kann erst hier ihren Platz finden, weil die Hydrometeore bei diesen Erscheinungen eine wichtige Rolle spielen. Wir werden in diesem Theile von der Durchsichtigkeit der Atmosphäre und ihrer Farbe handeln, die Gesetze der Dämmerung näher entwickeln und die Entstehung des Regenbogens und der Höfe, so wie der mit den letzteren zusammenhängenden Nebensonnen und Lichtsäulen angeben. Eben so wollen wir hier die wichtigsten Gesetze der Luftspiegelung und der terrestrischen Strahlenbrechung, so wie das Funkeln der Sterne in so fern betrachten, als diese Erscheinungen mit atmosphärischen Phänomenen zusammenhängen.

In der Atmosphäre bemerken wir zuweilen Körper, welche sich in keinem der bisher gedachten Abschnitte behandeln lassen; Feuerkugeln und Sternschnuppen sind die wichtigsten derselben. So wenig wir den Ursprung beider kennen, so ist es wenigstens nicht erwiesen, daß sie von außen zur Erde gelangen; es scheint daher bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse von ihnen am zweckmäßigsten, die Art wie sich jene problematischen Körper zeigen, die Bestandtheile aus denen sie zusammengesetzt sind und andere Eigenthümlichkeiten von ihnen in der Meteorologie abzuhandeln. Nachdem wir von der Größe des Luftdruckes gesprochen und die Gesetze der Dämmerung angegeben haben, so scheint es hier am Schlusse unserer Untersuchungen, wo von der Höhe die Rede ist, in welcher sich jene Körper bewegen, am zweckmäßigsten, die häufig sogleich im Anfange der Meteorologie

aufgeworfene Frage, wie weit sich die Atmosphäre erstrecke, zu beantworten.

Bei allen bisher genannten Untersuchungen haben wir nur auf den Einfluß der Sonne Rücksicht genommen und die Phänomene erwähnt, welche durch das Licht und die Wärme dieses Himmelskörpers erzeugt oder modificirt werden. Erst jetzt, wo wir mit den allgemeinen Verhältnissen des Luftkreises bekannt geworden sind, können wir auf die Einwirkung der übrigen Himmelskörper, namentlich des Mondes und unserer Erde, Rücksicht nehmen. Wir werden hier also untersuchen, ob der Mond auf den Gang der Witterung einen Einfluß äußere, wir werden uns bemühen, zu bestimmen, ob Erdbeben und vulcanische Erscheinungen Aenderungen im Zustande der Atmosphäre hervorbringen. Hier scheinen dann auch mehrere andere Erscheinungen, zu denen namentlich der Höherauch gehört, ihre zweckmäßigste Stelle zu finden.

Alle bisher genannten Gegenstände sind diejenigen, welche in den Schriften über Meteorologie gewöhnlich abgehandelt werden; soll aber dieser Theil der Physik recht fruchtbringend und vollständig werden, so müssen wir nothwendig auch die Klimatologie behandeln. Die einzigen Nachrichten welche wir über diese Lehre besitzen, sind, mit Ausnahme eines Theils von Europa, in einer großen Masse von Schriften, namentlich den Tagebüchern der Reisenden zerstreut; an eigentlichen Vorarbeiten fehlt es fast ganz, denn einiges Wenige, was sich in Torbern Bergmann's physicalischer Beschreibung der Erdkugel befindet, ist aus dieser fast in alle späteren Werke unverändert übergegangen. Der Beschaffenheit der Quellen wegen wird daher dieser Theil der Meteorologie noch lange lückenhaft bleiben, um so mehr, wenn wir alle Verhältnisse, namentlich den Einfluß des Klima's auf das Gedeihen organischer Geschöpfe, entwickeln wollen. Die Schwierigkeiten bei Bearbeitung dieses Gegenstandes scheinen die wichtigste Ursache zu seyn, weßhalb derselbe so lange unbeachtet geblieben ist. Dazu kommt, daß hier eine genaue Kenntniß des Landes, ein scharfes Auffassen seiner Umrisse nach allen Dimensionen erforderlich ist. Hat man sich aber durch einen großen Theil dieser Schwierigkeiten hindurch gearbeitet, hat man erst einige Landstrecken auf diese Art verglichen und schließt an diese die benach-

barten, dann wird die Arbeit im hohen Grade belohnend und interessant. Es zeigt sich dann hier auf das Bestimmteste, daß die Ansichten der älteren Physiker, welche das ganze Klima eines Ortes aus seiner Polhöhe ableiteten, sehr viele Modificationen erleiden. So haben, um aus einer großen Anzahl von Fällen nur wenige zu erwähnen, die beiden Küsten von Hindostan zu derselben Zeit völlig entgegengesetzte Jahreszeiten; so finden wir auf dem Hochlande Habesch mehrere Monate hindurch fast täglich Gewitter, und eben dieses Phänomen zeigt sich häufig auf dem mittelländischen Meere, während die Gewitter in dem zwischenliegenden Ober-Aegypten so selten sind, daß die dortigen Gelehrten dasselbe einem zürnenden Engel zuschreiben [17]). Wir finden hier bei diesen Untersuchungen dasselbe Gesetz, welches sich auch in der politischen Geschichte zeigt, daß nicht sowohl Meere als vielmehr Gebirge die Scheiden der Witterung so wie der Völker sind; ja es ließe sich, wenn wir diesen Vergleich hier durchführen wollten, eine große Menge von Fällen dieser Art anführen. Jenes Hochland Asiens, von wo aus die Hunnen und Dschingis-Chan's Schaaren sich über die Ebene verbreiteten, ist von jeher der Sitz gewaltiger Stürme gewesen, welche sich in die Tiefe hinabstürzten und dort viel Unheil anrichteten. Ja manche Begebenheiten der Geschichte finden hier ihren besten Aufschluß. So waren die Perser nie in Gegenden am Meere siegreich. Ihr Körper war an ein höchst trockenes Klima gewöhnt; ihre sich nie oxydirenden Waffen waren stets glänzend; so wie sie sich aber dem feuchten Elemente näherten, verschwand die Kraft ihres Körpers, die Elasticität ihrer Bögen [18]). Und viele Sagen, welche uns in der Bibel überliefert sind, finden in dem Klima und in der Naturbeschaffenheit jener Gegenden eine einfache Erklärung; Exegeten, welche von Jugend auf verschiedene Naturverhältnisse kannten, haben sich häufig geirrt, wenn sie ihre Erklärung auf Erscheinungen in Europa stützten. Auch die Kunstfertigkeiten, welche die Bewohner mancher Gegenden besitzen, finden hierin ihren Grund. Nicht selten werden die Künstler Aegyptens auf Kosten der unsrigen erhoben; wir finden nach Jahrtausenden in ihren Tempeln und Gräbern die Farben so

---

17) Dénon Egypte p. 107. vgl. 2 Buch Mose IX, 22.

18) C. Ritter Erdkunde II, 97 fg.

glänzend, als wenn sie eben erst aufgetragen wären; die Werke der Bildhauer sind so trefflich polirt, daß ihr Ansehen noch jetzt so ist, als ob sie vor Kurzem unter dem Meißel des Künstlers hervorgegangen wären, und die Leichen sind so gut balsamirt, daß sie noch nach Jahrtausenden erhalten sind. Freilich sind alles dieses Arbeiten, welche noch kein europäischer Künstler bis jetzt ausgeführt hat, aber man stelle die Werke von diesen in Gegenden auf, wo sich keine Wolken oder nur Sandwolken zeigen, wo der Regen zu den Seltenheiten gehört, und sie werden eben so den Jahrtausenden trotzen, gerade so wie die Leichname der Araber in jenen Gegenden noch jetzt ein völlig mumienartiges Ansehen haben [19]).

19) Burckhardt Travels in Nubia p. 79 u. a. a. O.

Erster Abschnitt.

Von der chemischen Beschaffenheit der Atmosphäre.

Zu einer Zeit, wo die Luft als eins der vier Elemente angesehen wurde, wo man keinen Unterschied zwischen den verschiedenen Luftarten und Dämpfen kannte, wo keine Versuche angestellt wurden, um die Natur dieser Körper zu erforschen, war natürlich an keine chemische Analyse der Luft zu denken. Erst nachdem van Helmont einige Gase bemerkt und dieser Klasse von Körpern ihren Namen gegeben hatte, wurden einzelne Untersuchungen über das Wesen derselben angestellt; aber die Thatsachen standen zu isolirt, die Versuche wurden zu wenig verfolgt, als daß man im Stande gewesen wäre, daraus auch nur die gewöhnlichsten Erscheinungen zu erklären. Noch in der größeren Hälfte des 18ten Jahrhunderts finden wir sehr irrige Ansichten über die Bestandtheile der Atmosphäre, und die Schöpfer der neueren Chemie, Boyle und Stahl, verkannten die Luftverminderung bei der Oxydation gänzlich.

Durch die fast gleichzeitigen Arbeiten von Lavoisier, Priestley und Scheele wurde die Natur der Gase genauer bekannt; man überzeugte sich erst jetzt mit Bestimmtheit, daß der in der Atmosphäre schwebende Wasserdampf von der Luft völlig verschieden sey; es wurde jedoch noch lange angenommen, daß die atmosphärische Luft, wofern sie nicht durch locale Ursachen verdorben wäre, die reinste Luft sey. Priestley, welcher bei seinen Untersuchungen ebenfalls von der Idee ausgegangen war, daß die atmosphärische Luft ein einfacher Körper sey, welcher weder zersetzt noch verändert werden könnte [20]), war daher nicht wenig

20) Joseph Priestley Versuche und Beobachtungen verschiedener Gattungen der Luft. 8. Wien u. Leipzig 1778. Th. II. S. 38.

verwundert, als er entdeckte, daß das Oxygen, welches er durch Glühen von Quecksilberoxyd erhält, reiner sey, als die atmosphärische Luft, daß Thiere darin länger lebten, Feuer darin lebhafter brannte, als in dieser. Bei Fortsetzung seiner Versuche fand er, daß das in der Atmosphäre vorhandene Sauerstoffgas die Ursache des Verbrennens sey; da aber nach Ausscheidung des Oxygens noch ein bedeutender Rückstand übrig blieb, so vermuthete er, daß die Atmosphäre aus Salpetergeist und einer Grunderde bestehe [21]).

Kaum war diese Entdeckung bekannt geworden, so glaubten die Naturforscher und Aerzte die größere oder geringere Ungesundheit verschiedener Gegenden aus der ungleichen Menge von Oxygen herleiten zu können; es wurden viele Untersuchungen über die Beschaffenheit der Atmosphäre angestellt; es bildete sich seit jener Zeit ein eigener Theil der Chemie, welcher Eudiometrie genannt wurde [22]).

Sollen die Bestandtheile der Atmosphäre angegeben werden, so bieten sich für die Analyse zwei Wege dar. Man kann nämlich zuerst eine Quantität dieser Luft in dazu bestimmte Gefäße bringen und auf sie passende Reagentien einwirken lassen. Diese Prüfung vermittelst der Eudiometer ist die einfachste und auch die, deren sich die meisten Analytiker bedient haben. Da wir hier aber stets nur mit kleinen Quantitäten operiren können, so lassen sich diejenigen Bestandtheile, welche nur in geringer Menge vorhanden sind, entweder gar nicht, oder nur sehr schwierig nachweisen. Hierin liegt auch der Grund, weshalb so manche Dämpfe und Gase, welche sich durch ihre Einwirkung auf unsere Nerven zu erkennen geben, auf diesem Wege noch nicht aufgefunden sind. Daher scheint ein zweites, erst seit einigen Jahren

---

21) l. l. p. 62.

22) Ueber die älteren Meinungen s. J. F. Gmelin Geschichte der Chemie. 8. Göttingen 1799. Bd. III. S. 322 fg. Eine reichhaltige Literatur bei L. v. Schmidt gen. Phiseldeck Systematische Darstellung aller Erfahrungen über allgemeiner verbreitete Potenzen. 4. Aarau 1807. Bd. II. S. 361. Sehr ausführlich behandelt diesen Gegenstand Muncke in Gehler's Wörterbuch N. A. I, 454 fg. J. A. Scherer Geschichte der Luftgüteprüfungslehre. 8. Wien 1785. 2 Bände, ist mir unbekannt.

häufiger angewendetes Verfahren zur Nachweisung mancher Bestandtheile sehr brauchbar. Dämpfe, namentlich Dämpfe von Säuren, können so weit verbreitet seyn, daß ihre Gegenwart nur in großen Massen erkannt werden kann; setzen wir aber eine Flüssigkeit, auf welche sie eine starke Einwirkung äußern, in offenen Gefäßen längere Zeit der Atmosphäre aus, so können wir sie dadurch auffinden. Wenn es regnet, so verbinden sich diejenigen Körper, welche Verwandtschaft zum Wasser haben, zum Theil mit diesem und fallen auf die Erde zurück. Wenn wir daher das Regenwasser in reinen Gefäßen auffangen und den nach der Verdunstung übrig bleibenden Rückstand analysiren, so entdecken wir manche Bestandtheile, welche uns sonst entgangen seyn würden.

Da die kleinen Abweichungen in den Angaben verschiedener Physiker über die Beschaffenheit der Atmosphäre ihren Grund vielleicht in der Anwendung verschiedener das Oxygen absorbirenden Körper haben mögen, so will ich die wichtigsten Eudiometer beschreiben. Bei allen werden calibrirte Röhren, entweder vollkommen cylindrisch oder am oberen Theile in eine Kugel ausgehend, angewendet. Das Volumen der atmosphärischen Luft oder der übrigen dabei benutzten Gase wird vor und nach der Absorption mit Sorgfalt gemessen, und wenn sich während des Versuches die Temperatur oder der Luftdruck geändert haben sollten, so wird die deshalb erforderliche Correction angebracht.

1) **Das Eudiometer mit Stickstoff-Oxydgas oder Salpetergas.** Hales [23]) machte die Entdeckung, daß die Luft, welche sich aus dem mit Salpetersäure befeuchteten Kiese von Walton entwickelte, einen Theil der atmosphärischen Luft absorbirte. Priestley, welcher diese Erfahrung in der Folge weiter verfolgte, fand, daß das Gas, welches er erhielt, wenn er irgend ein Metall mit Salpetersäure übergoß und welchem er den Namen Salpetergas gab, dieselbe Eigenschaft habe [24]); er hielt dieses Mittel zur Bestimmung der Güte der Luft für weit besser und bequemer, als die Oxydation der Metalle und ähnliche Pro-

23) Hales Statik der Gewächse. 4. Halle 1748. S. 158 u. 224.

24) Priestley Versuche über die Luftarten Th. I. S. 106.

Prozesse [25]) und er gab deshalb einen Apparat an, vermittelst dessen der Gehalt der Atmosphäre an Oxygen gemessen werden sollte, welcher in der Folge vielfach abgeändert wurde. Da indessen die Resultate, welche mit dieser Klasse von Eudiometern erhalten werden, weniger vollkommen sind, als die mit den übrigen Instrumenten dieser Art, so will ich keine dieser Vorrichtungen beschreiben, sondern verweise auf den Artikel Eudiometer in der letzten von Gehler besorgten Ausgabe seines Wörterbuches. Zugleich muß ich aber bemerken, daß diese Klasse von Eudiometern nicht so sehr getadelt werden darf, als manche Physiker dieses gethan haben, da Gay-Lussac im J. 1809 zeigte, daß man bei gehöriger Vorsicht damit ebenfalls wichtige Resultate erhalten könne [26]). Der wichtigste Umstand, welcher bei diesem Instrumente zu Fehlern Veranlassung giebt, ist der, daß die Größe der Absorption von der Weite der Gefäße abhängt [27]).

2) Eudiometer mit einer mit Stickstoff-Oxydgas gesättigten Auflösung von schwefelsaurem Eisen. Da es sehr schwer ist, das Stickstoff-Oxydgas stets von gleicher Reinheit zu erhalten, da es aber von einer Lösung von schwefelsaurem oder salzsaurem Eisen mit großer Lebhaftigkeit absorbirt wird, während die übrigen Gase entweichen; so wendete es Humphry Davy in diesem Zustande zur Analyse der atmosphärischen Luft an [28]). Salpetergas streicht durch eine Lösung der genannten Salze und diese erhalten in kurzer Zeit eine tief olivenbraune, nach der Sättigung eine fast ganz schwarze Farbe. Die gesättigte Lösung erleidet nach den Untersuchungen Davy's in verschlossenen Gefäßen bei keiner Temperatur Aenderungen, wird sie aber mit der atmosphärischen Luft in Berührung gesetzt, so wird sie durch die Absorption des Oxygens schnell entfärbt, es bildet sich salpetrige Säure und rothes Eisenoxyd fällt zu Boden. Von dieser Lösung kann nach den Versuchen von

---

25) Priestley Th. I. S. 202.

26) Aus dem zweiten Bande der Mémoires de la Société d'Arcueil in Gilbert's Annalen XXXVI, 37—51.

27) Berger in Gilbert's Annalen XIX, 400.

28) Journal of the Royal Institution 1801. p. 45; daraus Gilbert's Annalen XIX, 394—399.

Davy ein Kubikzoll etwa das sechsfache Volumen Oxygen absorbiren.

Will man vermittelst dieser Flüssigkeit der atmosphärischen Luft ihr Oxygen entziehen, so füllt man jene in die Eudiometerröhre und taucht das offene Ende nach und nach in die mit der Lösung gefüllte Flasche immer tiefer hinein. Nach wenigen Minuten ist die ganze Absorption vollendet. Den Erfahrungen Davy's zufolge muß man genau den Zeitpunkt beachten, wo die Absorption vollendet ist, weil sonst nach einiger Zeit das Volumen des Rückstandes dadurch etwas vergrößert wird, daß die durch die Absorption gebildete salpetrige Säure durch das Eisenoxyd zersetzt wird, worauf etwas Gas entweicht, welches zu dem gebildeten rothen Oxyde keine Verwandtschaft hat.

Die Berechnung des Oxygengehaltes bei diesem Eudiometer ist einfach. Ist bei gleichem Barometer- und Thermometerstande das Volumen des Gases vor der Absorption v und nach demselben v', so ist die darin enthaltene Menge von Oxygen $v - v'$ oder in Prozenten des ursprünglichen Volumens $\frac{v-v'}{v}$, wenn $v = 100$ gesetzt wird.

3) Das Eudiometer mit Schwefelkalien. Wird Schwefelkalium in Wasser aufgelöst und in ein mit reinem Oxygen gefülltes Gefäß gebracht, so wird dieses Gas bald verschwinden, indem es sich mit dem Kalium und Schwefel zu unterschwefligsaurem Kali verbindet [29]). Eben diese Absorption erfolgt bei den Lösungen anderer Schwefelmetalle, namentlich bei Schwefelnatron, Schwefelcalcium und Schwefeleisen [30]). Schon Scheele, welcher diese Absorption zuerst mit Bestimmtheit wahrnahm, glaubte hierin ein sehr bequemes Mittel zur Analyse der Atmosphäre zu finden, ohne daß er indessen, wie aus den von ihm erhaltenen Resultaten hervorgeht, ausführliche und genaue Untersuchungen darüber anstellte. Er begnügte sich Schwefel und Eisenfeile zu einem Teige zu mengen und die Einwirkung des

29) Berzelius Chemie v. Wöhler. 8. Dresden 1825. Th. I. S. 766.

30) Berger in Gilbert's Annalen XIX, 415.

selben auf die in einem Gefäße enthaltene atmosphärische Luft zu beobachten.

Der katalonische Physiker Antonio de Marti und der Professor Hope in Edinburgh gaben zuerst Apparate zur Anstellung genauer Messungen an [31]). Die ganze Vorrichtung von Hope ist in Fig. 1 abgebildet. Das kleine Fläschchen A hat ungefähr 2 Zoll im äußern Durchmesser und 8 Zoll Höhe, ist unten mit einer Tubulirung D mit eingeriebenem Stöpsel versehen und in sie wird die eudiometrische Flüssigkeit gegossen. Das Fläschchen B ist etwas schmäler, aber $8\frac{1}{2}$ Zoll hoch und der Hals derselben sehr genau in A eingerieben. Soll der Versuch angestellt werden, so wird B mit Luft gefüllt; das Fläschchen A mit einer Lösung von Schwefelkalk, darauf A unter Wasser in B getaucht, und wenn beide herausgenommen sind, der Apparat geneigt, so daß etwas von der Lösung aus A in B tritt und stark geschüttelt, bis die Absorption vollendet ist. Am vortheilhaftesten ist es das Fläschchen B selbst zu graduiren, ist dieses aber nicht der Fall, so wird der Rückstand nach der Absorption in eine graduirte Röhre gebracht und hier gemessen.

Ist bei dieser Einrichtung ein Theil des Gases absorbirt, so hat der Rest eine geringere Dichtigkeit und der Prozeß geht von nun an langsam von Statten. Hope vermindert deshalb das Volumen des Gases dadurch, daß er in die untere Tubulirung etwas Wasser eindringen läßt; weil hier aber die Lösung etwas verdünnt wird, so haben Pepys [32]) und W. Henry [33]) vorgeschlagen, man solle die eudiometrische Flüssigkeit in Flaschen von elastischem Harze gießen, diese an dem offenen Ende der Eudiometerröhre befestigen und das Fluidum nach und nach in die Röhre drücken [34]).

31) de Marti in Gilbert's Annalen XIX, 389. Hope ib. 385.

32) Philosoph. Transact. for 1807. p. 247.

33) Manchester Memoirs, second Series, II, 384.

34) Die Abhandlung von Pepys wurde am 4ten Julius 1807 in der Königlichen Societät zu London, die von Henry vom 11ten November 1811 in der Gesellschaft zu Manchester vorgelesen und Henry gesteht selbst, daß die Einrichtung von Pepys älter sey. Jedoch schon frü-

Werden die Schwefelkalien in heißem Wasser aufgelöst, so verschlucken sie im Anfange ein wenig Azot, wir würden also mit einer solchen Lösung einen etwas zu großen Oxygengehalt finden, zumal da nach den Erfahrungen de Marti's eine solche heiß zubereitete Lösung sogleich nach der Erkaltung die Hälfte der atmospärischen Luft verschlucken kann [35]); das Wasser sucht in diesem Falle das Azot wieder aufzunehmen, welches beim Kochen ausgetrieben war. Diese Lösungen müssen also entweder kalt bereitet werden, oder man muß einen Strom von Azot durch sie streichen lassen, wofern man heißes Wasser anwendete.

Die Berechnung des Gehaltes an Oxygen ist eben so als beim vorigen.

4) Das Eudiometer mit Wasserstoffgas. Nachdem sich Volta überzeugt hatte, daß eine Mischung von Hydrogen und Sauerstoffgas durch den electrischen Funken entzündet werden könnte, während die übrigen vielleicht in dem Gemenge enthaltenen Gase unverändert blieben, hielt er diesen Vorgang für ein bequemes Mittel der Atmosphäre ihr Oxygen zu entziehen [36]). Bei diesem Eudiometer läßt man zu der in der Röhre enthaltenen Luft etwas Hydrogen treten und entzündet dieses entweder durch den electrischen Funken oder nach Döbereiner's Entdeckung durch ein Kügelchen von Platinaschwamm.

Man hat diese Vorrichtung auf mancherlei Art abgeändert; eine der bequemsten scheint mir die von Gay-Lussac angegebene [37]) zu seyn. Sollen nämlich die Versuche mit diesem Instrumente genau seyn, so hat man zwei Bedingungen nicht zu übersehen. Die erste ist, daß das Instrument im Augenblicke der Explosion verschlossen sey, denn man würde ohnedies Gefahr laufen, Gas zu verlieren; die zweite, daß sich in dem Detonationsgefäße kein leerer Raum bilden könne, weil sich sonst Luft aus

---

her hatte Landriani bei seinem Eudiometer eine ähnliche Vorrichtung angebracht, indem er das Stickstoff-Oxydgas in Blasen füllte. Gehler's Wörterbuch A. A. II, 93.

35) de Marti l. l. p. 490.

36) Collezione dell' Opere del Cavaliere Conte Alessandro Volta. 8. Firenze 1816. T. III. p. 175—268.

37) Gilbert's Annalen LVI, 195.

dem Wasser entbindet und den Gasrückstand vermehrt. Fig. 2 zeigt eine Abbildung des von Gay-Lussac gegebenen Apparates, bei welchem die aus beiden Ursachen entstehenden Uebelstände vermieden sind. Eine dicke Glasröhre pq ist an ihrem obern Ende mit einer Kappe ab von Messing versehen, an der nach der innern Seite zu die Kugel c festsitzt. Dieser gegenüber befindet sich die Kugel d an dem Ende eines spiralförmigen Drahtes ef, der durch die Reibung gegen die Glasröhre in seiner Lage erhalten wird, wodurch man die Distanz beider Kugeln, zwischen denen der Funke überspringen soll, beliebig ändern kann. Um das untere Ende der Röhre ist eine ringelförmige Fassung gekittet, bestimmt dem Eudiometer Festigkeit und Dauer zu geben, und an ihr ist mittelst einer Schraube g eine kreisförmige Platte ik festgeschraubt, welche sich um diese Schraube, die ihr als Axe dient, mit Leichtigkeit drehen läßt. In der Mitte hat diese Platte ein konisches Loch, welches ein massiver Kegel, der auf dem Stäbchen mn festsitzt und durch ihn beim Herauf- und Heruntergehen in der gehörigen Lage erhalten wird, luftdicht verschließen kann. Der kleine Stift h in dem Stäbchen verhindert daß dieser Kegel in die Röhre fallen könne. Da das Ventil während der Explosion von oben nach unten gepreßt wird, so muß es dann geschlossen bleiben; im Augenblicke aber, wo die Luft in der Röhre verdünnt ist, hebt das Sperrwasser das Ventil in die Höhe und tritt frei hinein. Damit die Platte ik noch mehr Festigkeit habe, geht sie in eine Ruthe k hinein, welche in der Verlängerung l der Fassung, an der der Schraube g gegenüber stehenden Seite derselben angebracht ist. Von der metallenen Handhabe M ist hier nur ein Theil abgebildet. Sie endigt sich in einen etwas federnden, an der vordern Seite offenen und mit zwei Backen versehenen Ring, der in horizontaler Richtung um die Röhre geht und sich mittelst der Schraube V an die Röhre anpressen läßt.

Häufig wird auch die obere metallene Kappe fortgelassen [38]). Dann sind an zwei diametral entgegengesetzten Punkten der Röhre zwei Platinadrähte eingeschmolzen, deren Enden einen geringen Abstand von einander haben. Berührt man den einen dieser

38) Gmelin in Gehler's Wörterb. N. A. III, 1164.

Drähte mit dem Finger, um ihn mit dem Boden zu verbinden, während man dem zweiten den electrischen Funken mittheilt, so springt dieser im Innern von einem Drahte zum andern und entzündet dadurch das Gemenge.

Das Verfahren bei diesem Eudiometer ist einfach. Man füllt in die Röhre einen Theil atmosphärischer Luft, und nachdem sein Volumen gemessen ist, läßt man die hinreichende Menge Hydrogen hineinströmen; das Volumen wird jetzt aufs Neue gemessen und nachdem die Mischung entzündet worden ist, mißt man das Volumen des Rückstandes, also der bei der Explosion verschwundenen Gasmenge.

Vortheilhaft ist es, bei diesem Eudiometer Platinaschwamm anzuwenden[39]), sey es nun daß man Kügelchen desselben in die Mischung bringe und dadurch eine schnelle Verbrennung erzeuge, oder die Röhre inwendig damit theilweise überziehe, so daß die Verbindung von Oxygen und Hydrogen zu Wasser langsam erfolgt.

Es ist bei diesem Eudiometer am vortheilhaftesten Quecksilber als sperrende Flüssigkeit zu gebrauchen, weil das Wasser stets etwas Luft enthält, von welcher ein Theil bei der Explosion ausgetrieben werden könnte. Ist nun das Volumen der atmosphärischen Luft, des Hydrogenes und des Rückstandes genau gemessen, so läßt sich der Gehalt an Oxygen leicht bestimmen. Ein Gemenge, welches genau aus zwei Raumtheilen Hydrogen und einem Theile Oxygen besteht, wird durch den electrischen Funken gänzlich verbrannt und in Wasserdampf verwandelt[40]), und es besteht daher stets ein Drittel des verschwundenen Gases aus Oxygen. Ist also V das ursprüngliche Volumen der Luft, v das hinzugefügte Wasserstoffgas, also $V + v$ das Volumen vor, $V + v - v'$ das nach der Entzündung, so ist die Menge des Oxygens $\frac{1}{3} v'$ oder in Theilen das Ganze $\frac{v'}{3 V}$. Gut ist es, bei diesen Versuchen etwas Hydrogen im Ueberschusse hinzuzusetzen,

---

39) Schweigger's Jahrbuch IX, 11. XIII, 380.

40) Humboldt und Gay-Lussac im Journal de Physique LX, 129—258; daraus Gilbert's Annalen XX, 52 und Gehlen's neues Journal V, 45—95. cf. Volta Opere III, 197. fg.

so daß man überzeugt ist, daß wirklich alles Sauerstoffgas verschwunden ist.

5) Das Eudiometer mit Phosphor. Die Selbstentzündung des Phosphors im Oxygen wurde schon von Achard zur Construction eines Eudiometers benutzt, welches eine sehr große Genauigkeit gewährt und um dessen Theorie sich besonders Berthollet [41]) und Parrot [42]) Verdienste erworben haben. Man sperrt die zu analysirende Luft nicht mit Wasser ab, weil sich aus diesem etwas Stickstoff entbinden könnte, sondern mit Quecksilber, läßt sodann ein an einen Glasstabe befestigtes Stückchen Phosphor in die Höhe steigen und wartet so lange bis das Volumen nicht weiter vermindert wird. Nachdem der Phosphor entfernt ist, wird die Verminderung des Volumens gemessen; aber dieser Verlust giebt nicht unmittelbar den Oxygengehalt an. Es löst sich nämlich nach den Untersuchungen von Berthollet [43]) etwas Phosphor in dem fast ganz aus Azot bestehenden Rückstande auf, welcher Gasgestalt annimmt und dadurch die sperrende Flüssigkeit etwas tiefer hinabtreibt. Dieses Gas macht sehr nahe $\frac{1}{40}$ des Rückstandes aus. Ist daher V das ursprüngliche Volumen, V — v der Rückstand, so wird dieser um $\frac{1}{40}$ (V — v) zu groß; es ist demnach $V - v + \frac{1}{40}(V - v) = \frac{41}{40}(V - v)$ der Gehalt an Oxygen, welcher sich leicht in Theilen des Ganzen ausdrücken läßt.

Die Atmosphäre besteht vorzüglich aus Stickstoff und Sauerstoff; die übrigen Gase lassen sich nur mit Mühe erkennen, Messungen aber sind bisher noch nicht möglich gewesen. Nur die Kohlensäure, welche oft in verhältnißmäßig großer Menge vorhanden ist, läßt sich vermittelst der sogenannten Anthrakometer bestimmen. Eine gegebene Menge atmosphärischer Luft wird in einem Gefäße abgesperrt, in welchem sich etwas Kalk- oder Barytwasser befindet; man wartet das Ende des Niederschlages ab und leitet den Gehalt an Kohlensäure entweder aus

41) Gilbert's Annalen V, 341—345 aus den Annales de chimie XXVII, 141.

42) Voigt's Magazin II, 154—185. III, 185. Gilbert's Annalen X, 193—213.

43) Gilbert's Annalen V, 346.

der Verminderung des Volumens oder dem Gewichte des gebildeten kohlensauren Kalkes oder Barytes her. Alex. v. Humboldt bediente sich der zuerstgenannten Methode [44]; Thénard [45]) und Theodor v. Saussure [46]) der letzteren. Saussure, welchem wir die umfassendste Reihe sorgfältiger Versuche über diesen Gegenstand verdanken, schließt in einen Ballon von bekannter Capacität atmosphärische Luft ein; in Barytwasser, welches in dieses Gefäß gesetzt wurde, zeigte sich bald eine Trübung, durch öfteres Schütteln wurde die Bildung des Niederschlages befördert. Nachdem das Gefäß zwei Monate geschlossen gewesen war, wurde der Rückstand genau gewogen; da nun 100 Theile kohlensauren Baryt aus 21 Theilen Kohlensäure und 79 Theilen Baryt zusammengesetzt sind, so ließ sich darnach das Gewicht der Kohlensäure in dem Niederschlage und mithin in dem gegebenen Luftvolumen bestimmen.

Nachdem das Eudiometer mit Stickstoff-Oxydgas angegeben war, glaubten die Physiker ein Mittel in Händen zu haben, die Ursachen der Gesundheit der Luft auf hohen Gebirgen und ihrer schädlichen Beschaffenheit über Sümpfen nachweisen zu können. Unter vielen Reisenden, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, zeichnete sich vorzüglich Landriani aus. Indem er auf den Bergen bei Pisa die Luft in verschiedenen Höhen analysirte, fand er sie immer reiner, je weiter er sich von der Ebene entfernte, während sich auf dem Vesuv das Gegentheil zeigte. Eben so untersuchte er die Luft an den Pontinischen Sümpfen, die ungesunde Luft während eines Sirocco in Rom, die in der Campagna Romana, der Hundsgrotte, der Solfatara bei Neapel, der Bäder des Nero zu Bajä, auf der Küste von Toscana und an andern Orten, und allenthalben fand er sie, wie er sich in einem Briefe an Priestley ausdrückt, so, wie er sie der täg-

---

44) v. Humboldt Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises und üb. einige Gegenstände der Naturlehre. 8. Braunschweig 1799.

45) Thénard Lehrbuch der theoretischen und praktischen Chemie, übers. von Fechner. 8. Leipzig 1825. Th. I. S. 259.

46) Bibliothèque universelle, Sc. et Arts I, 124.

schen Erfahrung nach erwarten konnte [47]); während Saussure mit demselben Apparate auf hohen Bergen weniger Oxygen erhielt als in engen Thälern [48]). Ueberhaupt glaubt Gehler aus allen älteren Versuchen schließen zu dürfen, daß die über heiße und dürre Landstriche kommenden Winde, wie bei uns die Südwinde, die Luft verschlimmern, während letztere durch Nordwinde verbessert wird [49]).

Wenige Physiker haben diese Untersuchung mit so viel Ausdauer und Umsicht verfolgt, als von Humboldt während seines Aufenthaltes in Salzburg [50]). Nach seinen Messungen betrug der mittlere durch Stickstoff-Oxydgas gefundene Oxygengehalt der Atmosphäre 26,8 Prozent. Diese Menge war aber nicht zu allen Zeiten gleich, sondern sie betrug [51])

1797	im November	25,6 Prozent
	December	26,8
1798	im Januar	27,5
	Februar	27,2
	März	26,9
	April	27,2

Aus einer großen Zahl von Beobachtungen folgerte v. H. ferner, daß die Menge des Oxygens wachse, wenn es nach trübem Wetter wieder heiter werde, daß sie dagegen abnehme, wenn sich Regen- oder Schneewolken bilden; daß ferner bei schlackigem Wetter die Sauerstoffmenge am kleinsten sey, daß endlich das Schmelzen des Schnees, so wie Strichregen, die Luft im hohen Grade verbessern [52]).

Die erwähnten Thatsachen wurden als völlig naturgemäß angesehen; aber schon mehrere Jahre vor dem Erscheinen von Humboldt's Werk, im Jahr 1790, hatte de Marti eine

47) Priestley Vers. über versch. Gatt. der Luft III, Anhang 21.

48) Saussure Reisen durch die Alpen Th. II. S. 296. §. 578. Th. IV. S. 377. §. 1135.

49) Phys. Wörterbuch A. A. II, 109.

50) v. Humboldt Vers. üb. d. chem. Zerl. d. Luftkr. S. 159 — 176.

51) l. l. p. 167.

52) Humboldt l. l. S. 163.

Analyse der Atmosphäre durch Schwefelkalien mitgetheilt [53]); diese Arbeit welche den europäischen Gelehrten erst spät bekannt wurde, führte zu ganz andern Gesetzen, welche anfänglich bezweifelt, in der Folge aber allgemein bestätigt wurden; vielleicht hatte aber schon Volta das richtige Verhältniß früher entdeckt, indem er in seiner um das Jahr 1780 erschienenen Abhandlung über sein Eudiometer einen Versuch mittheilt, nach welchem die Luft sehr nahe 20,8 Prozent Oxygen enthielt [53b]).

Nach de Marti sind in 100 Raumtheilen atmosphärischer Luft sehr nahe 21 Theile Oxygen enthalten; weder Winde, noch Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre, noch Temperatur oder Gewicht derselben hatten auf dieses Resultat den geringsten Einfluß. In allen Jahreszeiten zeigte sich dasselbe Verhältniß, und wenn de Marti zuweilen kleine Unterschiede fand, so zeigte ein gleich nachher angestellter Versuch, daß er nicht mit hinreichender Sorgfalt beobachtet hatte [54]). H. Davy fand in den Bädern zu Bristol ebenfalls 21 Theile Oxygen, und auch hier hatten die übrigen atmosphärischen Verhältnisse nicht den geringsten Einfluß. Luft, welche er am 8ten October 1803 bei sehr starkem Westwinde an der Mündung der Severn gesammelt hatte, welche also weit über das atlantische Meer gekommen war, enthielt eben so 21 Prozent Oxygen, als dieses bei der Luft der Fall war, welche Dr. Beddoes an der Küste von Guinea gesammelt hatte [55]). Eben so fanden Gay-Lussac und Humboldt in 19 Versuchen welche sie in Paris mit Volta's Eudiometer bei sehr verschiedenen Winden und Temperaturen anstellten, 21 Theile

---

53) de Marti hielt über diesen Gegenstand am 22. Mai 1790 in der königl. Academie der Wissenschaften und Künste zu Barcellona eine Vorlesung, welche 1795 in Madrid gedruckt, erst i. J. 1801 im Journal de physique LII, 176, und hieraus i. J. 1805 in Gilbert's Annalen XIX, 389 mitgetheilt wurde. Wenn daher Berzelius (Chemie v. Wöhler I, 350) sagt: „der unrichtige Begriff von den Proportionen zwischen den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft wurde im J. 1801 von de Marti berichtigt", so gilt dieses offenbar nur von dem Bekanntwerden in Frankreich.

53b) Volta Opere III, 240. §. 43.

54) Journal de physique LII, 181.

55) Gilbert's Annalen XIX, 396.

Oxygen, indem die gefundenen Größen zwischen 21,2 und 20,9 oscillirten [56]). Berthollet, welcher sich bei seinen Analysen sowohl der Schwefelkalien als des Phosphors bediente, fand in Kairo, so wie in Paris 22 Prozent Oxygen, ein wenig zu groß, vielleicht weil die Röhren nicht sorgfältig calibrirt waren; eben so erhielt Biot auf Formentera und Yviza 21 Theile Oxygen [57]) und dieselbe Größe fand auch Kupffer bei seinen Versuchen in Kasan [58]).

So constant dieses Verhältniß zwischen den Bestandtheilen der Atmosphäre an der Oberfläche der Erde ist, eben so wenig ändert sich dasselbe mit der Höhe. So fand Humboldt auf dem Antisana in 2773 Toisen Höhe 21,8 Prozent Oxygen [59]), und in Gemeinschaft mit Gay-Lussac auf dem Mont-Cenis einen Sauerstoffgehalt, welcher nur um 0,002 von dem in Paris verschieden war [60]). Um die gewöhnliche Meinung über die Reinheit der Luft in der Nähe der Gletscher [61]) zu prüfen, stellte Berger eine Reihe von Versuchen mit Schwefelkalien und Phosphor auf den Schweizer Alpen an, die Luft auf dem Gletscher des Mont Cervin, der Aiguille du Midi, des Plant, von Blasière im Thale von Chamouny, des Buat, vom Gletscher von Talèfre, gab eben so wie in der Ebene zwischen 20 und 21 Prozent Oxygen [62]). Eben so erhielt Biot an den Seen von Neufchatel und Genf, zu Sallenche, auf dem Gletscher von Chamouny, auf dem Col de Balme, zu Martigny in Wallis, auf dem großen St. Bernhard, zu Turin und auf dem Mont-Cenis vermittelst des Voltaischen Eudiometers gleiche Mengen von Oxygen, die aber etwas (0,5 Prozent) kleiner waren, als Humboldt und Gay-Lussac in Paris gefunden hatten, nach Biot vielleicht deshalb, weil das aus Eisen und verdünnter

56) Gilbert's Annalen XX, 82.
57) Gilbert's Annalen XXVI, 459.
58) Annales de Chimie XLI, 423.
59) Voigt's Magazin V, 474.
60) Humboldt Voyage. I, 311. Anm.
61) Saussure Reisen Th. II. S. 296. §. 578.
62) Gilbert's Annalen XIX, 412—416.

Schwefelsäure bereitete Hydrogen nicht ganz rein war [63]). Auch Dalton fand, daß Luft von der Spitze des Helvelyn in Cumberland in 1000 Yards Höhe dieselben Bestandtheile enthielt als die in Manchester [64]). Auch die Luft, welche Gay-Lussac auf seiner aerostatischen Reise in einer Höhe von 3405 Toisen sammelte, hatte dieselbe Beschaffenheit als die in der Ebene von Paris [65]).

Nahe eben so groß ist der Oxygengehalt der Luft in der Nähe von Sümpfen oder an Orten, wo viele Menschen geathmet haben; ein Beweis, daß die Ungesundheit derselben ihren Grund keinesweges in einem Mangel an Sauerstoffgas hat. Schon de Marti folgerte dieses aus seinen Versuchen, und es ist möglich, daß gerade diese den herrschenden Ansichten widersprechende Behauptung Ursache war, daß man seine Untersuchung anfänglich nicht beachtete. Erst nachdem H. Davy's und Berger's Arbeiten bekannt geworden waren, bestätigten mehrere Experimentatoren jene Behauptung. So fand Séguin in der Luft aus dem mit vielen Menschen lange angefüllten Theater 21 Prozent Oxygen [66]); eben so Edmund Davy in der Luft, welche er in den Sälen des Hospitals zu Cork und auf dem dortigen Observatorium sammelte, gleiche Mengen von Oxygen [67]); desgleichen Configliachi in der Luft auf der Oberfläche der bewässerten Reißfelder [68]). In der Luft, welche Humboldt und Gay-Lussac im Théatre françois zu Paris mitten im Parterre einen Augenblick vor dem Anfange des zweiten Stückes auffingen, waren 20,9 enthalten, in der, welche sie 3 Minuten nach Beendigung des Schauspieles in der größten Höhe des Saales sammelten, 20,4 Theile [69]). Desgleichen erhielt Theod. v. Saussure in einem Zimmer, in welchem zwei Personen bei verschlos-

63) Gilbert's Annalen XXVI, 101 Anm.

64) Manchester Memoirs, second Series I, 358 Anm.

65) Gilbert's Annalen XX, 35.

66) Muncke in Gehler's phys. Wörterb. N. A. I, 456 aus den Annales de chimie LXXXIX, 251.

67) Annales of philosophy XI, 214.

68) Muncke l. l. cit. L. Gmelin Chemie I, 293.

69) Gilbert's Annalen XX, 38.

senen Fenstern geschlafen hatten, am Morgen eben so viel Oxygen als am Abende, wo seit 12 Stunden Niemand im Zimmer gewesen war [70]).

Mehrere andere Angaben, so die von Giobert, welcher bei Turin durch das Phosphor-Eudiometer 24 bis 33 Prozent erhielt, beruhen offenbar auf Beobachtungsfehlern [71]). Von mehreren Bestimmungen glaubt Muncke [72]), daß sie auf localen Ursachen beruhen, so daß Bischoff in den Steinkohlengruben der Grafschaft Mark 22,58 Prozent Oxygen erhielt [73]); eben so soll nach Hermbstädt die Luft 5′ über dem Spiegel der Ostsee 21,5; 16′ über derselben 20,5 und 24 Fuß vom Ufer landeinwärts 20,0 Theile Oxygen enthalten [74]), so daß hiernach also der Sauerstoffgehalt über der See größer wäre, als über dem Lande, während Krüger das Gegentheil fand [75]).

Die Kohlensäure, welche durch Respiration, Gährung und viele andere Prozesse erzeugt wird, treffen wir fast allenthalben in der Atmosphäre. Aeltere Angaben, welche wir über ihre Menge besitzen sind jedenfalls zu groß; es ist interessant die einzelnen Angaben zu verfolgen, welche immer kleiner wurden, je richtiger die Ansichten über die übrigen Bestandtheile werden. Nach Gehler [76]) soll sie $\frac{1}{10}$ des Ganzen ausmachen; Scheele bestimmt hiezu $\frac{1}{13}$ [77]); nach Priestley beträgt sie noch nicht $\frac{1}{13}$ [78]), worin ihm auch Kirwan beistimmt. Girtanner schätzt dieselbe $\frac{1}{100}$ des Ganzen [79]); Felice Fontana endlich

70) Bibliothèque universelle, Sc. et A. I, 128.

71) Berger in Gilbert's Annalen XIX, 413.

72) Gehler's Wörterb. N. A. I, 455.

73) Schweigger Jahrbuch N. R. IX, 306.

74) Ibid. XXXII, 263.

75) Gilbert's Annalen LXVI, 93.

76) Wörterbuch A. A. II, 396.

77) Abhandlung über Luft und Feuer. Leipzig 1782 cit. von Schmidt-Phiseldeck II, 563.

78) Kirwan's physisch-chemische Schriften übers. von Crell. 8. Berlin 1783. I, 105.

79) Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie 3te Aufl. 8. Berlin 1801. S. 52.

leugnete die Anwesenheit derselben ganz [80]). v. Humboldt suchte zuerst die Menge derselben durch genaue Messungen zu bestimmen; es zeigte sich hierbei, daß sie keinesweges constant war, sondern von dem Gange der Witterung und den Jahreszeiten abhing; er fand nämlich daß sie im Sommer und bei feuchter Witterung größer sey als im Winter und bei trockenem Wetter; als Mittel seiner Versuche nahm er 1,5 Prozent an, indem die Versuche zwischen 1,8 und 0,5 schwankten [81]). Parrot bestimmte die Menge zu Dorpat zu 0,57 Prozent [82]). Dalton giebt das Gewicht derselben zu $\frac{1}{1400}$ von dem der Atmosphäre an, sehr nahe 0,0453 Prozent [83]); indessen glaubt Thomson [84]), daß diese Größe zu klein sey, und daß man 0,001 des Ganzen, also 0,1 Prozent annehmen müsse, eine Größe, bis zu welcher der Gehalt in freier Luft nach Berzelius nicht steigen soll [85]).

Fast zu gleicher Zeit untersuchten Thénard und Theod. v. Saussure den Gegenstand genauer; in einem Versuche, welchen ersterer im December 1812 an einem schönen Tage mit Luft anstellte, die fern von bewohnten Orten gesammelt war, erhielt er $\frac{1}{1781}$ Gewicht an Kohlensäure, sehr nahe 0,0379 Pro-

80) v. Humboldt Vers. üb. d. Zerl. d. Luftkr. S. 108.

81) l. l. S. 109.

82) Physik der Erde S. 405.

83) Manchester Memoirs sec. Ser. I, 254. Muncke (Gehler's Wörterb. N. A. I, 463) und eben so Benzenberg (über das Daltonsche Gesetz S. 2) geben nach Dalton die Menge der Kohlensäure zu 0,071 Prozent und berufen sich dabei auf Philos. Magazine XXIII, 354, eine Abhandlung welche mir nicht zu Gebote stand; wahrscheinlich aber ist hier wohl das Gewicht gemeint, welches nur 0,0685 beträgt. Berzelius l. l. giebt nach Dalton $\frac{1}{1400}$ Gewicht; wird diese Größe für $\frac{1}{1400}$ genommen, so erhält man die von Muncke angeführte Größe 0,071. Wo der Druckfehler liege, kann ich nicht entscheiden.

84) Système de Chimie III, 222.

85) Chemie v. Wöhler I, 351.

zent des Volumens [86]). Späterhin erhielt Th. v. Saussure folgende Größen:

Januar	1809	 0,0457	Prozent
	1811	 0,0466	—
	1812	 0,0514	—
Julius	1811	 0,0647	—
	1815	 0,0713	—
August	1810	 0,0779	—
October		 0,0685	—
November		 0,0425	—

Hiernach würde sich die Menge der Kohlensäure im Sommer zu der im Winter sehr nahe wie 7:5 oder 3:2 verhalten [87]). Im Junius 1828 theilte Saussure die Resultate seiner späteren Versuche in den Jahren 1816 — 1828 der schweizerischen Gesellschaft der Naturforscher mit [88]). Die Menge der Kohlensäure ist darnach nicht zu allen Zeiten des Tages gleich, sondern um 11^h^ Abends größer, als am Mittage, wie folgende Tafel zeigt:

1827	Mai	22	Mittag	0,0581;	Abend	0,0623
	Julius	7	—	0,0580;	—	0,0620
	Septbr.	3	—	0,0561;	—	0,0601
	Novbr.	6	—	0,0450;	—	0,0486
1828	Mai	31	—	0,0475;	—	0,0565
	Junius	13	—	0,0506;	—	0,0583
		26	—	0,0539;	—	0,0522
	August	1	—	0,0432;	—	0,0606
		12	—	0,0429;	—	0,0582

Am 26. Junius, wo sich die einzige Ausnahme zeigt, wehte ein sehr starker Wind. Im Durchschnitte enthielt die Luft welche von 1816 bis 1828 auf einer Wiese bei Genf gesammelt wurde, am Mittage 0,049 Prozent, das Maximum war 0,062, das Minimum 0,037. In Genf sowohl als im Freien, auf dem Genfer See und auf einem Berge, bei ruhiger Luft und bei Wind war die Kohlensäure im Sommer größer als im Winter. Nach 30 auf einer Wiese bei Chambery mit Barytwasser angestellten

86) Lehrbuch der Chemie I, 260.

87) Biblioth. univ. I, 130.

88) Annales de Chimie XXXVIII, 411 fg.

Messungen verhält sich die Menge der Kohlensäure im December, Januar und Februar zu der im Junius, Julius und August am Mittage wie 77 : 100. Die Mitte des Lemaner-Sees, Chambersy gegenüber, enthält etwas weniger Kohlensäure als die Luft 100 Toisen vom Ufer; nach 8 gleichzeitigen Beobachtungen ist das Verhältniß 100 : 98,5. Das Verhältniß der Kohlensäure in der Luft in Genf und auf der erwähnten Wiese ist 100 : 92, Differenzen, welche die übrigen eudiometrischen Mittel nicht nachweisen.

Die Kohlensäure scheint wenigstens über dem Festlande fast allenthalben angetroffen zu werden; so fand Horaz v. Saussure [89]), daß auf dem Gipfel des Mont Blanc in einer Höhe von 2480^{t} Kalkwasser getrübt wurde, nur war die sich bildende Kalkrinde weit dünner als am Ufer des Meeres. Eben so fand Humboldt, daß die Luft, welche Garnerin und Beauvais in einer Höhe von 650^{t} sammelten, eben so viel Kohlensäure enthielt als die in Paris [90]), und dieselbe Erfahrung machte Gay-Lussac auf seiner aerostatischen Reise [91]).

Daß die Luft in der Nähe von Sauerbrunnen, an Orten wo viele Menschen geathmet haben, wo Wein oder Bier in Menge gähren, eine weit größere Menge von Kohlensäure enthält, bedarf wohl kaum einer Erwähnung. Da Wasser, namentlich wenn es bewegt wird, die Kohlensäure leicht absorbirt, so ist es möglich, daß die Luft über dem Meere nur sehr wenig von diesem Gase enthält, wie dieses aus den Untersuchungen Vogel's hervorzugehen scheint, nach denen über der Ostsee und dem Kanale bei Dieppe Barytwasser kaum getrübt wurde [92]), woran sich auch die Erfahrungen von Saussure über die geringere Menge auf dem Genfer See anschließen möchten.

Aus den Kratern der Vulcane tritt Hydrogen in großer Menge hervor; bei der Zersetzung thierischer und vegetabilischer Substanzen, so wie bei der durch Zersetzung des Wassers erzeugten

89) Humboldt Vers. üb. d. chem. Zerl. d. Luftkr. p. 104. Gay-Lussac in Gilbert's Annalen XX, 36.

90) Humboldt Vers. üb. d. chem. Zerl. u. s. w. S. 256.

91) Gilbert's Annalen XX, 36.

92) Gilbert's Annalen LXVI, 96 und LXXII, 277.

ten Oxydation der Metalle, werden bedeutende Quantitäten desselben entwickelt; man sollte daher glauben, daß dieses Gas ebenfalls ein allgemeiner Bestandtheil der Atmosphäre sey. Außer in der Nähe von Vulcanen und Sümpfen ist dasselbe aber bisher noch nirgends mit Bestimmtheit nachgewiesen. Dalton vermuthet nur, daß es allenthalben gegenwärtig sey, aber in so geringer Menge, daß es sich nur mit Mühe nachweisen lasse [93]). Nach den Untersuchungen von Humboldt und Gay-Lussac ist die Menge von ihm jedenfalls kleiner als 0,3 Prozent [94]); dieselben fanden in einer höchst electrischen Wolke auf dem Mont Cenis keine Spur dieses Gases [95]). Es wird häufig angenommen, daß das Hydrogen seiner geringeren Dichtigkeit wegen in die Höhe steige und daß die äußere Gränze des Luft-Oceans aus diesem Körper bestehe, wie dieses namentlich Volta [96]), Lavoisier [97]), Parrot [98]), Th. Forster [99]) und andere Physiker angenommen haben. Diese Hypothese, nach welcher die Gase auf einander schwimmen sollen, wird indessen, wie wir sogleich sehen werden, nach der Natur dieser Körper wenig wahrscheinlich; außerdem aber fand Gay-Lussac in der Luft, welche er aus einer Höhe von mehr als 20000 Fuß mitgebracht hatte, keine wahrnehmbare Spur von Hydrogen [100]). Wo übrigens die große in die Atmosphäre aufsteigende Menge von diesem Gase bleibt, wissen wir nicht; es bleibt künftigen Physikern überlassen zu entscheiden, ob dieses Gas bald nach seiner Erzeugung zersetzt, vielleicht zur Ernährung der Pflanzen verbraucht werde, oder ob es, wie Fischer [1]) glaubt, durch den Einfluß des Sonnenlichtes allmählich mit dem Oxygen in Wasserdampf umgebildet werde.

93) Manchester Memoirs Sec. Ser. I, 247.

94) Gilbert's Annalen XX, 84.

95) Humboldt Voyage I, 311.

96) Volta Opere III, 52.

97) Bei Muncke phys. Wörterb. I, 462.

98) Physik der Erde S. 408 und Wrangel phys. Beob. S. 83.

99) Forster Wolken S. 116.

100) Gilbert's Annalen XX, 85. Humboldt Voyage VII, 427.

1) Nach Muncke l. l. in den Allgem. nord. Annalen III, 123.

So bleiben uns denn von den permanenten Gasen nur Oxygen und Azot als allenthalben vorhandene Körper übrig; es wird sehr wünschenswerth zu entscheiden, ob die Kohlensäure über großen Meeren ganz fehle oder nicht.

Ehe ich zu einigen andern Bestandtheilen der Atmosphäre übergehe, will ich noch einige Bemerkungen über die Genauigkeit der eudiometrischen Mittel machen. Fast ein jeder Physiker, welcher ausführliche Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt hat, erwähnt die möglichen Fehler seines Apparates. Werden diese Untersuchungen näher verglichen, so findet man, daß dieselben nie bis zu 0,01 des Ganzen steigen. Th. v. Saussure glaubt, daß stets ein Fehler von 0,0025 des Ganzen übrig bleibe, welches Reagens man auch zur Absorption des Oxygens anwenden möge [2]). Diese Fehler, deren Grund in der nicht hinreichenden Schärfe unserer Sinne liegt, werden am besten durch Wiederholung des Versuches vermieden. Außerdem aber scheinen die Angaben verschiedener Eudiometer nicht genau dieselben zu seyn. So prüfte Gay-Lussac den Oxygengehalt verschiedener Luftarten vermittelst des von ihm verbesserten Salpetergas-Eudiometers, während v. Humboldt dieselben durch Hydrogen analysirte; letzteres gab die Menge von Oxygen fast stets kleiner als jenes, der Unterschied betrug im Mittel nahe 0,25 auf 100 Theile des ursprünglichen 10 Theile Oxygen enthaltenden Volumens [3]).

Ich glaube, daß vorzüglich die veränderliche Menge von Wasserdampf eine Ursache der Abweichungen in den Resultaten verschiedener Physiker ist, um so mehr, da es wenig wahrscheinlich ist, daß derselbe vor und nach der Absorption mit gleicher Elasticität auf die sperrende Flüssigkeit drückte. Hierin mag denn auch der Grund des eben erwähnten Unterschiedes zwischen den Analysen von Humboldt und Gay-Lussac liegen. War, wie es mehr als wahrscheinlich ist, die Luft im Wasserstoffgas-Eudiometer nach der Explosion mit Wasserdämpfen gesättigt, so erschien wegen der Spannung von diesen der Rückstand größer, es war also der Oxygengehalt scheinbar kleiner, als

2) Bibliothèque universelle I, 127. Anm.

3) Gilbert's Annalen XXXVI, 49.

bei dem vielleicht nicht mit Dämpfen gesättigten Stickstoff-Oxydgas. Ist Wasser die sperrende Flüssigkeit, so wird der Raum sich nach und nach mit Dämpfen sättigen; dieses ist vielleicht mit ein Grund, weshalb man bei dem Eudiometer Davy's genau den Moment beachten muß, wo die Absorption aufhört [4]), und aus derselben Ursache ist wahrscheinlich auch der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure nach den Versuchen Humboldt's etwas zu groß [5]). Das einzige Eudiometer bei welchem dieser Uebelstand weniger Statt findet, ist das mit Phosphor, wenn Quecksilber als sperrende Flüssigkeit angewendet wird; wenn aber die Messung so angestellt wird, daß das Quecksilber innerhalb und außerhalb der Röhre gleich hoch steht, so wird auch hier nach der Absorption, wo die in einem kleineren Raume zusammengedrängten Dämpfe eine größere Spannung besitzen als vorher, der Oxygengehalt etwas zu klein gefunden werden.

Schon längst hatte man vermuthet, daß in der Atmosphäre eine geringe Menge von Salzsäure seyn möchte; im Jahre 1803 behauptete Driesen solche gefunden zu haben [6]) und späterhin wurde dieses durch Craanen bestätigt [7]). Die Aufmerksamkeit der Physiker wurde erst durch Vogel's Arbeiten auf diesen Gegenstand gelenkt. Er setzte bei Dobberan ein Gefäß mit einer Lösung von salpetersaurem Silber, welches er durch ein schwarzes, oben und unten offenes Gefäß vor der Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt hatte, in einem offenen Badekarren der Einwirkung der Luft aus, nach einiger Zeit zeigte sich eine schwache Trübung, und nach 21 Tagen fand Krüger einen Niederschlag von salzsaurem Silber [8]); dasselbe bemerkte Nicolle bei Dieppe [9]) und in der Folge Hermbstädt bei Dobberan [10]). Dagegen fand Meißner in der Nähe der Hallischen Salinen

4) S. oben S. 18.

5) S. oben S. 29.

6) Algemeene Konst- en Letter Bode 1803. Nr. 2.

7) Naturkundige Verhaandelingen. Haarlem 1814. Beide Abhandlungen sind mir unbekannt.

8) Gilbert's Annalen LXVI, 97.

9) Gilbert's Annalen LXXII, 278.

10) Schweigger's Jahrbuch XXXII, 280.

keine Spur von salzsauren Salzen [11]), es ist jedoch zu bemerken, daß der zuletzt genannte Beobachter die Luft in einer Flasche sammelte und nur diese geringe Quantität prüfte; das Resultat beweist daher den Mangel derselben um so weniger, da man im Sommer in der Nähe der Siedehäuser nicht selten die Existenz der Salzsäure durch den Geruch zu erkennen im Stande ist.

Da nach den Erfahrungen Vogel's in allen Fällen, wo salzsaure Salze enthaltendes Wasser verdunstet, ein Theil der Salze in den Dämpfen übrig bleibt, so ist es sehr wahrscheinlich, daß wir letztere allenthalben in der Atmosphäre antreffen werden. Am bequemsten ist hiezu die Untersuchung des lange Zeit für rein gehaltenen Regenwassers. Schon Marggraf fand in demselben etwas salzsauren Kalk und wenig Salpetersäure [12]); eben so beobachtete Bergmann darin außer Salpeter- und Salzsäure ein fettes und brennbares Wesen, welches sich bei lange fortgesetzter Destillation durch einen Geruch von abgebranntem Holze zu erkennen gab [13]). Späterhin haben v. Roßem [14]), Lampadius [15]), Hermbstädt [16]) und Link [17]) in Breslau die Existenz der Salzsäure im Regen- und Schneewasser in größerer Entfernung von den Küsten nachgewiesen. In der Nähe größerer Salzseen und am Meere oder auf diesem hatte man die Gegenwart des Salzes im Regen und Thau schon lange wahrgenommen [18]). So fand Dalton in dem Regenwasser, welches nach einem starken SWwinde in Manchester niedergefallen war, 1 Gran Kochsalz in 10000 Gran Wasser; nicht selten erhielt er dieselbe Salzmenge

---

11) Schweigger's Jahrbuch N. R. VI, 161.

12) Nach Gehler Wörterbuch N. A. III, 649, in Chymische Schriften I. Nr. XVIII. §. 7.

13) Physikal. Beschreib. der Erdkugel von Röhl. 8. 1791. Th. II. S. 4. §. 105. Gehler l. l. citirt noch Bergmann de analysi aquarum §. 4.

14) Nach Muncke Gehler's Wörterb. I, 474. in Dissertatio medico-chemica de Aqua. Groning. 1810. p. 27 u. 46.

15) Schweigger's Jahrbuch XXX, 256.

16) ib. XXX, 505.

17) Link Handbuch der physik. Erdbeschr. I, 307. Anm.

18) Gilbert's Annalen XXXI, 98.

aus 200 Gran Wasser [19]); eben so nennen Spix und Martius die Regen in den Aequinoctialgegenden des atlantischen Meeres salzig schmeckend [20]). Salzige Thaue erwähnen namentlich Falk in den Steppen von Rußland [21]), Pallas in der Nähe des caspischen Meeres [22]), und auch in der Nähe des todten Meeres soll das atmosphärische Wasser Salz enthalten [23]). Eben so fand Denham in der Nähe des Sees Tschad in Centralafrica nach einem nächtlichen Thau am Morgen krystallinische Efflorescenzen auf seinen Kleidern [24]). Auch im Delta des Nils sind die Steine mit Natron überzogen, und man findet an feuchten Orten lange krystallinische Nadeln, welche man für Salpeter halten könnte; die Gartenmauer der Jesuiten zu Cairo ist mit einer dicken Natronrinde überzogen [25]), wobei ich es indessen unentschieden lasse, ob dieses ein atmosphärischer Niederschlag oder nicht vielmehr der sogenannte Mauersalpeter ist.

Hermbstädt fand, daß die Luft in der Nähe von Dobberan einer salpetersauren Silberauflösung eine weinrothe Farbe mittheile, ließ es jedoch unentschieden, ob die freie Säure, welche Ursache dieser Färbung sey, der Salzsäure, schwefligen oder phosphorigen Säure zunächst stehe; Vogel zeigte dagegen, daß salpetersaures Silber mit nicht destillirtem Wasser gemischt, roth werde, und glaubte, daß die Salzsäure in den Dämpfen des Seewassers diese Färbung bewirke [26]). Als Zimmermann in der Folge seine Untersuchungen in Gießen anstellte, nahm er an, daß diese weinrothe Farbe von organischen, im Wasser aufgelösten Substanzen, nicht aber von Salzsäure herrühre. Diese eigenthümliche im Regenwasser enthaltene organische Substanz (offenbar das fettige Wesen Bergmann's) nannte er Pyrrhin [27]),

19) Edinburgh Journal of Sc. Nr. III. p. 176.

20) Reise nach Brasilien I, 75.

21) Falk Beiträge II, 8.

22) Pallas Reise I, 409. III, 336.

23) Muncke in Gehler's Wörterb. N. A. I, 474.

24) Denham Narrative p. 88.

25) Volney Voyage I, 64.

26) Gilbert's Annalen LXXII, 280.

27) Kastner's Archiv I, 257.

und R. Brandes und Wiegmann fanden eben dieses [28]. Vogel zeigte indessen, daß alles Wasser, in welchem organische Substanzen aufgelöst waren, die genannte Färbung bewirkte, und da alles auf der Erde verdunstende Wasser einst mit organischen Körpern in Berührung stand, so behält es diese Eigenschaft, ohne daß wir das Pyrrhin als eigenthümliche Substanz ansehen dürfen [29].

Eine sehr ausführliche Arbeit über die Beschaffenheit des Regenwassers rührt von R. Brandes her: das in reinen Schaalen aufgefangene Wasser wurde in Platinaschalen abgedampft und der Rückstand untersucht [30]. Dieser war nicht zu allen Zeiten gleich. Nehmen wir das Gewicht des herabgefallenen Wassers als Einheit, so beträgt der Rückstand des Regens im Jahr 1825 zu Salzuffeln

Januar	0,0000065
Februar	0,0000035
März	0,0000021
April	0,0000014
Mai	0,0000008
Junius	0,0000011
Julius	0,0000016
August	0,0000028
September	0,0000021
October	0,0000031
November	0,0000027
December	0,0000035

Die Analyse zeigte in diesem Rückstande

Harz
Pyrrhin
Mucus
Salzsaure Bittererde
Schwefelsaure Bitterde
Kohlensaure Bittererde

28) Schweigger's Jahrbuch N. R. XVIII, 153.
29) Kastner's Archiv XV, 97—101.
30) Schweigger's Jahrbuch N. R. XVIII, 153—183.

Salzsaures Natron
Schwefelsauren Kalk
Kohlensauren Kalk
Salzsaures Kali
Eisenoxyd
Manganoxyd

und ein Ammoniaksalz, vielleicht salpetersaures Ammonium.

Manche dieser Bestandtheile sind wahrscheinlich nur mechanisch in die Höhe gerissen und wurden dann mit dem Regen herabgebracht, während andere, namentlich das Ammonium durch Zersetzung thierischer Körper gebildet seyn mögen, wie dieses aus der Bemerkung Vauquelin's folgt, nach welcher in dem Roste eiserner Geräthschaften, die in bewohnten Zimmern stehen, etwas Ammonium enthalten ist [31]).

Außer den bisher genannten Substanzen finden wir noch andere mechanisch in die Höhe gerissene Körper, so möchte der sogenannte Aetherstaub von Raffinesque und Kastner [32]) in unseren Gegenden ein eben so fremdartiger Bestandtheil der Atmosphäre seyn, als der Sand in den Steppen von Asien und Africa. Außerdem müssen wir noch den Höhesrauch hieher zählen (s. diesen). Sollte es endlich einst erwiesen werden, daß die Meteorsteine Gebilde unserer Atmosphäre sind, indem metallische Dämpfe, welche aus den Gichtfängen der Hochöfen aufsteigen, sich zu größeren Massen vereinigen, so würden auch diese hieher zu zählen seyn.

So machen denn Oxygen, Azot und Kohlensäure die permanenten Gase der Atmosphäre aus, und es folgt aus allen Untersuchungen, daß das Verhältniß derselben allenthalben gleich ist, oder daß die Schwankungen so unbedeutend sind, daß sie sich nur mit Mühe nachweisen lassen. Woher aber kommt es nun, daß dieses Verhältniß so constant ist, da doch die Luft durch die vielen chemischen Prozesse auf der Erde beständig vermindert wird? Ist dieses Verhältniß von jeher dasselbe gewesen, oder hat die Menge des einen Gases seit Jahrtausenden abgenommen?

---

31) Annales de chimie Septbr. p. 99. — Ueber den rothen Schnee und Regen s. Regen.

32) Handb. d. Meteorol. I, 113.

Diese und ähnliche Fragen lassen sich bisher nicht genügend beantworten, es muß den Chemikern künftiger Zeiten überlassen bleiben, dieses Räthsel zu lösen, zumal da zu dieser Untersuchung seit Jahrhunderten geführte Journale von Eudiometer-Beobachtungen erforderlich seyn würden. Neuerdings hat Prévost zu zeigen versucht, daß selbst in dem Falle, wo alles durch die Respiration und andere Prozesse verschwundene Oxygen nicht wieder ersetzt würde, seine Menge in 100 Jahren nur um $\frac{1}{7200}$ abnehmen würde [33]), ja daß die Menge der Kohlensäure, welche sich in dieser Zeit bildet, höchst unbedeutend sey. Dieses mag sich nun so verhalten oder nicht, — denn die Richtigkeit solcher Berechnungen läßt sich nicht erweisen, — so ist doch so viel gewiß, daß uns die Weltgeschichte mit keinem Umstande bekannt macht, aus welchem es wahrscheinlich wird, daß die Atmosphäre in früheren Zeiten reicher an Oxygen gewesen sey, als jetzt [34]).

Man hat sich vielfach zu erklären bemüht, woher das durch die Respiration und andere Prozesse verschwundene Oxygen wieder ersetzt werde. Priestley glaubte, daß die Vegetabilien die erzeugte Kohlensäure unter dem Einflusse des Sonnenlichtes dergestalt zerlegten, daß dadurch das Oxygen frey würde [35]). Diese mit vielem Beifalle aufgenommene Hypothese wurde in der

---

33) Bibliothèque universelle II, 194.

34) Berzelius Chemie v. Wöhler I, 345. - Noch ungleich weiter als Prévost ist Kastner in seinen Untersuchungen gegangen. Nachdem er nämlich P.'s Berechnung mitgetheilt hat, fährt er fort: „Hiernach würde, blieb die oben berechnete Sauerstoffverminderung für die Erde unveränderlich dieselbe und wäre sie es seit 6000 Jahren unverändert gewesen, binnen 28 Platonischen Jahren (das Platonische Jahr zu 25000 bis 26000 Jahren gerechnet) oder nach Ablauf von 720000 — 6000 = 714000 Jahren sämmtlicher Sauerstoff der Atmosphäre verzehrt seyn und (wenn derselbe sich während dessen nicht fortdauernd aus dem Aether ersetzt hätte) die Todesstunde für alle athmende Wesen schlagen. Binnen dieses Zeitraumes würden die nördliche und südliche Erdhälfte hinsichtlich der längeren Dauer der warmen Jahreszeiten 28 Mal wechseln und wahrscheinlich eben so oft Hauptveränderungen in den Entwickelungen und Gestaltungsmomenten der sie bewohnenden Organismen erleiden" u. s. w. Handbuch der Meteor. I, 222.

35) Priestley Vers. u. Beob. üb. versch. Luftarten I, 34 u. a. a. O.

Folge von Theod. v. Saussure bestritten, indem er aus seinen Versuchen folgerte, daß die Pflanzen im Sonnenlichte nur eben so viel Oxygen aushauchen, als sie im Schatten absorbiren [36]). Eben so glaubt Berzelius, daß diese Hypothese unzuläßig sey, indem die Zusammensetzung der Atmosphäre im Sommer und Winter dieselbe bleibt [37]). Muncke, welcher sehr viele Untersuchungen über die Respiration der Pflanzen angestellt hat, steht indessen nicht an, die Wiedererzeugung des Oxygens aus der Pflanzenwelt abzuleiten, weil sonst kein Mittel zur Erklärung derselben vorhanden wäre. Der gleiche Oxygengehalt kommt nach ihm hiebei gar nicht in Betrachtung, indem die Quantität des verzehrten Oxygens in Vergleich mit der ganzen Atmosphäre unbedeutend ist und außerdem Winde in wenigen Tagen Luft von dem Aequator zu den Polen führen können [38]); und Parrot ist ebenfalls der Meinung, daß durch diesen Prozeß die verlorne Menge von Sauerstoffgas wieder ersetzt werde [39]).

Da es erst in langer Zeit möglich seyn wird, die Frage nach dem constanten Verhältniß des Oxygens zu beantworten, so will ich nicht dabei verweilen, mehr Ansichten über diesen Gegenstand mitzutheilen, um so mehr, da wir hier nur Hypothesen aufstellen können, welche sich bis jetzt am Prüfsteine der Erfahrung weder bestätigen noch widerlegen lassen. Aber eine andere hiemit in Verbindung stehende Frage betrifft die Art, wie sich die Bestandtheile der Atmosphäre neben einander befinden, ob sie nämlich ein chemisches Gemisch oder ein mechanisches Gemenge bilden. Dieser Gegenstand, welcher schon an sich ein großes Interesse hat, wird uns dann zugleich einigen Aufschluß geben über die Gegenwart des Hydrogenes und anderer Gase, welche sich in den oberen Regionen des Luft-Oceans befinden sollen.

---

36) Journal de physique LIII, 393.

37) Chemie v. Wöhler I, 345.

38) Muncke bei Gilbert Annalen XXXVIII, 428. XXXIV, 296. Gehler's Wörterb. N. A. 1, 458. An der letztern Stelle ist eine ausführliche Literatur über diesen Gegenstand.

39) Physik der Erde §. 280. S. 404.

Die Erfahrung zeigt, daß das Gewicht der Atmosphäre am Niveau des Meeres sehr nahe mit einer Quecksilbersäule von etwas mehr als 337‴ im Gleichgewichte steht. Diese Quecksilbermenge wird von Azot, Oxygen, Kohlensäure und Wasserdampf getragen, indem die übrigen in der Luft schwebenden Körper in so geringer Menge vorhanden sind, daß wir sie völlig übersehen können. Der Gehalt an Wasserdampf ist sehr veränderlich, wir wollen indessen der Kürze halber annehmen, daß der Druck der trockenen Gase 335‴ betrage. Nun bestehen 100 Raumtheile der Atmosphäre sehr nahe aus 21 Theilen Oxygen, 78,95 Th. Azot und 0,05 Kohlensäure. Nehmen wir die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft als Einheit an, so ist die des Oxygens 1,10394 [40]), die des Stickstoffes 0,97257 [41]), und die der Kohlensäure 1,5235 [42]). Dem Gewichte nach enthalten also 100 Theile atmosphärischer Luft 23,012 Th. Oxygen, 76,913 Th. Azot und 0,075 Th. Kohlensäure. Dieses Verhältniß scheint unseren bisherigen Erfahrungen zufolge in allen Höhen dasselbe zu seyn. Wenn also die ganze Atmosphäre mit einer Quecksilbersäule von 335‴ im Gleichgewichte steht, so beträgt der Druck für

	‴
Oxygen . . .	77,09
Azot	257,66
Kohlensäure . .	0,25

Die Größen, welche andere Physiker für die eben angegebenen Verhältnisse gefunden haben, weichen etwas von den meinigen

---

40) Mittel aus den Messungen von Biot und Arago 1,10357 (Biot Traité de physique I, 383), Berzelius und Dulong 1,1026 (Berzelius Chemie I, 172) und Saussure 1,10562 (Berzelius l. l.).

41) Mittel aus den Messungen von Biot und Arago 0,96913 (l. l.) und Berzelius 0,976. (Chemie I, 205).

42) Mittel aus den Messungen von Biot und Arago 1,51961 (l. l.), Berzelius 1,524 (B. Chemie I,526) und Saussure 1,5269, (Berzelius l. l.).

ab; ich will daher die von Dalton[43], Benzenberg[44] und Berzelius[45] erhaltenen Größen mittheilen:

	Dalton	Benzenberg	Berzelius
Mittlerer Barometerstand	337,‴68	338,‴16	336,‴90
Azot	262,94	254,80	254,33
Oxygen	69,56	77,98	78,56
Kohlensäure . . .	0,22	0,33	0,34
Wasserdampf . . .	4,95	6,04	3,47

In der ersten Zeit, wo das constante Verhältniß zwischen den Bestandtheilen der Atmosphäre gefunden war, glaubte man annehmen zu müssen, daß Azot und Oxygen chemisch mit einander verbunden seyen, weil es sonst nicht möglich wäre, daß die Mengen derselben so constant wären. Ein anderer Grund, welcher die chemische Mischung zu bestätigen schien, liegt in den Mischungsverhältnissen der übrigen Stickstoffverbindungen. Mischen wir nämlich zwei Raumtheile Azot mit einem Theile Oxygen, so ist das hiedurch gebildete Stickstoffoxydul wirklich eine chemische Verbindung, in welcher zu 100 Gewichtstheilen Azot 56,75 Theile Oxygen kommen, während in der Atmosphäre zu 100 Theilen Stickstoff 29,92 Theile Oxygen, also etwa die Hälfte gehören. Hieraus glaubte man den bekannten Gesetzen der chemischen Anziehung zufolge schließen zu müssen, daß die Atmosphäre eine niedere Stickstoffverbindung sey, da die geringe Differenz ihren Grund leicht in Beobachtungsfehlern haben könnte; denn nehmen wir z. B. an, die Atmosphäre bestehe aus 80 Raumtheilen Stickstoff und 20 Th. Sauerstoff, so würden auf 100 Azot 28,38 Oxygen kommen, genau die Hälfte der Menge im Stickstoffoxydul. Aber schon Döbereiner zeigte, daß dieser Umstand von gar keinem Gewichte sey. Mengen wir nämlich zwei Raumtheile Stickstoff mit einem Theile Oxygen, so findet eine wirkliche chemische Verbin-

43) Manchester Memoirs Sec. Ser. I, 256.

44) Gilbert's Annalen XLII, 155 bei Muncke im phys. Wörterb. I, 492 und über Dalton's Gesetz S. 3.

45) Chemie I, 329.

dung Statt, indem das Volumen des neuen Körpers nur zwei Theile beträgt. Bringen wir dagegen vier Theile Azot mit einem Theile Oxygen zusammen, so findet weder eine Verminderung des Volumens noch eine Erhöhung der Temperatur Statt [46]. Da ferner das Stickstoffoxyd auf Kosten der atmosphärischen Luft in salpetrige Säure verwandelt wird, so müßte nach Berzelius [47]) ein höheres und mit mehr Sauerstoff gesättigtes Oxyd ohne Mitwirkung irgend eines fremden Körpers eine niedere Oxydationsstufe desselben Radicales reduciren können, wofür aber die Chemie kein analoges Beispiel aufzuführen vermag. Wenn endlich das Sauerstoffgas an einer Stelle verzehrt ist, so müßte sogleich der Mangel desselben fühlbar werden, denn man sieht wenigstens nicht ein, woher es in kurzer Zeit wieder ersetzt werden könnte, da die übrigen Theile der Atmosphäre, welche mit einander chemisch verbunden sind, dasselbe den bekannten Gesetzen der chemischen Anziehung zufolge nicht hergeben können [48]).

Es sind noch verschiedene andere Thatsachen für die chemische Verbindung angeführt worden, namentlich hat sich Thomson bemüht, dieselbe durch folgende Gründe zu beweisen [49]). 1) Ein künstliches Gemenge von Sauerstoff- und Stickgas, nach den durch eudiometrische Versuche gefundenen Verhältnissen bereitet, soll andere Eigenschaften als die atmosphärische Luft besitzen, z. B. von Salpetergas soll mehr davon absorbirt werden, es soll die Flamme besser unterhalten und Thiere sollen länger darin leben; 2) verschiedene brennbare Körper absorbiren aus einer gegebenen Menge atmosphärischer Luft verschiedene Quantitäten Sauerstoffgas, z. B. Phosphor 0,22, Schwefel nur 0,08; 3) bei der Bereitung der Salpetersäure und bei dem Leiten des oxydirten Stickgases durch glühende Röhren, erhält man atmosphärische Luft: nun ist es doch unwahrscheinlich, daß, wenn die

---

46) Schweigger's Jahrbuch IV,388.

47) Chemie v. Wöhler I,344.

48) Daniell Essays p. 121.

49) Thomson Système de Chimie par Riffault V, 171.

atmospärische Luft blos gemengt wäre, sich in diesen zwei Operationen die Mengungstheile derselben immer genau in dem nämlichen Verhältnissen treffen sollten. Indessen bemerkt Scholz[50]) hiegegen mit Recht, daß die erste Behauptung nur zu einer Zeit aufgestellt werden konnte, wo man durch unrichtige Messungen der Atmosphäre 28 Theile Sauerstoffgas gab. Die zweite Behauptung beweist nur, daß verschiedene Körper eine ungleiche Dichtigkeit des Oxygens fordern, wenn sie fortbrennen sollen, und er führt die völlig analoge Erscheinung an, daß warmblütige Thiere selbst bei Fortschaffung der Kohlensäure in einem abgesperrten Raume nicht so lange leben können, bis alles Sauerstoffgas verzehrt ist, während Insekten noch fortleben, wenn sich nur noch eine Spur von diesem vorfindet. Endlich haben genauere Messungen die Unrichtigkeit der dritten Behauptung erwiesen, indem das bei Bereitung der Salpetersäure entweichende Gas stets mehr, das bei Zerlegung des oxydirten Stickgases entstandene immer weniger Oxygen enthält als die Atmosphäre.

Wenn es demnach sehr wahrscheinlich ist, daß die Atmosphäre ein mechanisches Gemenge sey, so könnte man zuerst glauben, daß die Gase ihrer verschiedenen Dichtigkeit gemäß über einander gelagert wären, so daß wir zuerst eine Schicht Kohlensäure, darüber Oxygen, sodann Azot und endlich Hydrogen antreffen würden. Diese Hypothese scheint indessen durch die Erfahrungen von Dalton[51]) und Berthollet[52]) nicht bestätigt zu werden und den von diesen Experimentatoren angegebenen Folgerungen stimmen auch Berzelius[53]) und Humboldt[54]) bei. Nehmen wir nämlich zwei durch eine Glasröhre verbundene Gefäße, wählen sodann zwei Gase, welche durchaus keine chemische Wirkung auf einander haben, und füllen je eines von ihnen in eine

50) Anfangsgründe der Physik. 8. Wien 1827. S. 623.

51) Manchester Memoirs Sec. Ser. I, 259.

52) Mémoires d'Arcueil II, 463—470.

53) Chemie I, 343.

54) Recueil d'Observations astronomiques I, 117. und Voyage IV, 48.

dieser Flaschen, stellen hierauf den Apparat so auf, daß das weniger dichte Gas über den dichteren steht, so durchdringen sich beide in kurzer Zeit, ohne auf einander zu schwimmen. Füllte Berthollet die untere Flasche mit Kohlensäure, die obere mit Hydrogen, so fand er nach 24 Stunden in beiden gleichviel Hydrogen und Kohlensäure. Die Geschwindigkeit, mit welcher diese Durchdringung erfolgt, ist jedoch nicht bei allen Gasen gleich groß. Aus den Untersuchungen Berthollet's geht hervor, daß Hydrogen am schnellsten in das schwerere Gas sinkt, möge letzteres atmosphärische Luft, Kohlensäure oder Stickstoff seyn, nach 24 Stunden war die Durchdringung vollständig erfolgt; dagegen stieg Kohlensäure nur langsam in die Höhe, zumal wenn sich in dem oberen Gefäße atmosphärische Luft befand, selbst nach 17 Tagen war die Ausbreitung noch nicht vollständig erfolgt [55]).

Wir müssen hiernach annehmen, daß die Atmosphären von Oxygen, Azot, Kohlensäure und den übrigen gasförmigen Körpern einzeln neben einander existiren und daß ein Atom von irgend einem Gase nur ein gleichartiges abstoße und sich gegen die übrigen als indifferente Masse verhalte. Gehen wir aber hievon aus, so ist es nicht möglich, daß in einer vollkommen ruhigen Atmosphäre das Mischungsverhältniß in allen Höhen dasselbe bleibe. Da nämlich die Gewichte der genannten drei Gase ungleich sind, so muß die Dichtigkeit eines jeden nach dem Mariotte'schen Gesetze für gleiche Aenderungen der Höhe ungleich abnehmen. Dieses Verhältniß zwischen den Bestandtheilen in verschiedenen Höhen läßt sich sehr einfach berechnen. Nehmen wir der Kürze wegen an, daß die Temperatur in allen Höhen dieselbe sey, und bezeichnen die Barometerhöhen, mit denen eine Gasart am Niveau des Meeres und in der Höhe X im Gleichgewichte steht, mit H und h, die Dichtigkeit des Gases mit δ, wenn die des Quecksilbers als Einheit angesehen wird, mit M den Modulus

55) Ich kann hier nicht in die Discussionen über dieses Gesetz eingehen und verweise auf den Artikel Atmosphäre von Muncke in der neuen Ausgabe von Gehler's Wörterb., wo die Streitschriften ausführlich angegeben werden und auf J. F. Benzenberg über die Daltonsche Theorie. 8. Düsseldorf 1830.

der natürlichen Logarithmen und mit K den Barometerstand, bei welchem die Wägung des Gases vorgenommen wurde, so ist [56])

$$X = \frac{KM}{\delta} (\log H - \log h)$$

Wenn hier X und H gegeben sind, so wird

$$\log h = \log H - \frac{X\delta}{MK}$$

wo X und h durch dieselbe Längeneinheit ausgedrückt werden. Nach den Versuchen von Biot und Arago ist bei einer Wärme von 0° C und einem Barometerstande von 760 ^{mm} die Dichtigkeit des Quecksilbers 10463 Mal größer als die der atmosphärischen Luft [57]). Wird dieser Werth so wie die oben [58]) erwähnten Dichtigkeiten der drei Gase in die Formel gesetzt, so ergeben sich folgende Barometerstände, welche mit den einzelnen Gasen und der ganzen Atmosphäre in verschiedenen Höhen im Gleichgewichte stehen:

Höhe Pariser Fuß	Azot	Oxygen	Kohlensäure	Summe
0	257,66'''	77,09'''	0,25'''	335,00'''
2000	237,93	70,42	0,22	308,57
4000	219,71	64,33	0,19	284,23
6000	202,88	58,77	0,17	261,82
8000	187,34	53,69	0,15	241,18
10000	173,00	49,04	0,13	222,17
12000	159,75	44,80	0,12	204,67
14000	147,51	40,93	0,18	188,54
16000	136,22	37,39	0,09	173,70
18000	125,71	34,15	0,08	159,94
20000	116,15	31,20	0,07	147,42

56) Biot astronomie physique T. III. Additions p. 6.

57) Biot Traité de physique I, 406.

58) S. oben S. 42.

Daraus ergiebt sich, daß 100 Theile der Atmosphäre in verschiedenen Höhen folgende Bestandtheile enthalten [59]).

Höhe Pariser Fuß	Gewichtstheile			Raumtheile		
	Azot	Oxygen	Kohlens.	Azot	Oxygen	Kohlens.
0	76,913	23,012	0,075	78,950	21,000	0,050
2000	77,101	22,827	0,073	79,137	20,814	0,049
4000	77,288	22,642	0,070	79,324	20,628	0,048
6000	77,476	22,457	0,067	79,511	20,442	0,048
8000	77,663	22,272	0,065	79,698	20,256	0,047
10000	77,851	22,087	0,062	79,885	20,070	0,046
12000	78,039	21,903	0,059	80,072	19,884	0,045
14000	78,226	21,718	0,056	80,259	19,698	0,044
16000	78,414	21,533	0,054	80,446	19,512	0,044
18000	78,601	21,348	0,051	80,633	19,326	0,043
20000	78,789	21,163	0,048	80,820	19,140	0,042

Es würde also aus der obigen Hypothese folgen, daß die Menge des Azots mit der Höhe zunimmt, was die Erfahrung aber nicht zu bestätigen scheint. Wir müssen jedoch beachten, daß bei dieser Berechnung die Atmosphäre im Zustande der Ruhe angenommen wurde, was der Erfahrung gemäß nie Statt findet, indem Stürme die Luft aus sehr verschiedenen Gegenden zusammenführen und aufsteigende Ströme die obern und untern Regionen der Atmosphäre mit einander in Verbindung setzen. Es könnte hiebei freilich der Einwurf gemacht werden, daß diese Ursache den Unterschied in dem Mischungsverhältniß zwar verkleinern, keineswegs aber ganz aufheben könnte. Das Gewicht dieses Einwurfes anerkennend, will ich annehmen, es werde durch die ge-

59) Eine ähnliche Berechnung hat auch Benzenberg (l. l.) angestellt; die von ihm gefundenen Größen weichen etwas von den meinigen ab, zum Theil weil er eine etwas verschiedene Zusammensetzung am Ufer des Meeres, zum Theil auch weil er eine von der oben gegebenen etwas abweichende Größe für die Dichtigkeit der Gase annimmt. Dem Gewichte nach findet er am Ufer des Meeres 76,49 Azot, 23,41 Oxygen und 0,10 Kohlensäure; in einer Höhe von 20000 Fuß 78,38 Azot, 21,35 Oxygen und 0,07 Kohlensäure.

gedachten Ursachen und die Hälfte dieses Unterschiedes aufgehoben; darnach würde die Atmosphäre in einer Höhe von 10000 Fuß nicht wie am Ufer des Meeres 21,0, sondern 20,5 Prozent Oxygen enthalten. Dieser Unterschied von 0,5 Prozent ist nur mit Mühe zu entdecken, an den bisherigen Erfahrungen aber keinesweges zu prüfen. Die meisten Experimentatoren geben den Oxygengehalt zwischen 20,5 und 21,0 Prozent an; wenn also schon zwischen diesen einzelnen Angaben so bedeutende Differenzen sind, wie schwer ist es dann nicht, Gesetze über die Abnahme des Oxygens aufzustellen, wenn der Ort, wo die Luft gesammelt wurde, nur einige Tausend Fuß über dem Meere liegt? Und wie wenige Beobachtungen sind in dieser Höhe angestellt? Die einzige Zerlegung der Luft aus so bedeutender Höhe, die von Gay-Lussac auf seiner aerostatischen Reise, steht hier, wie bei so vielen anderen Untersuchungen, zu isolirt, als daß sich daraus allgemein gültige Folgerungen herleiten ließen; außerdem war der Tag, an welchem die Reise gemacht wurde, windstill und heiter und die durch die starke Sonnenhitze an jenem Tage erzeugten auf- und niederwärts gehenden Strömungen hatten auf das Resultat gewiß einigen Einfluß. Soll daher die Behauptung, daß das constante Verhältniß zwischen den Bestandtheilen der Atmosphäre für die chemische Verbindung spreche, gelten, so ist durchaus erforderlich, daß an zweien Orten, deren Höhenunterschied einige Tausend Fuß beträgt, längere Zeit mit Eudiometern derselben Art regelmäßige Messungen angestellt werden; erst dann, wenn auf diese Art der Einfluß der Fehler möglichst entfernt ist, wird sich entscheiden lassen, ob der Oxygengehalt in der Höhe geringer ist. Jedenfalls aber wird die gefundene Differenz weit kleiner seyn, als ihn die obige Tafel giebt; denn gerade in Gebirgsgegenden, wo solche Messungen nur möglich sind, werden die an den Seiten der Berge in die Tiefe stürzenden Winde, und die in der Mitte der Thäler aufsteigenden und in die Höhe gehobenen Luftmassen [60]) thätig dahin streben, den Unterschied in der Zusammensetzung aufzuheben.

---

60) S. Winde.

Was den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure betrifft, so läßt sich hier noch weit weniger eine Vergleichung zwischen Theorie und Erfahrung anstellen, da es uns noch an hinreichenden Beobachtungen selbst in der Tiefe fehlt. Es ist bereits oben [61]) die Erfahrung von Horaz v. Saussure erwähnt, nach welcher auf dem Montblanc die Rinde auf dem Kalkwasser kleiner war, als am Ufer des Meeres; da nun die Kohlensäure in einer Höhe von 14000 Fuß nur etwa $\frac{1}{10}$ kleiner ist als am Meere, so scheint diese Beobachtung gegen Dalton's Gesetz zu sprechen. Zwei Umstände mögen jedoch Ursache dieses geringeren Niederschlages seyn. Dieselbe Luftmenge nimmt auf dem Gipfel des Montblanc fast den doppelten Raum ein als am Meere; wenn also auch wirklich die Menge der Kohlensäure dort eben so groß wäre als hier, so müßten sich die Atome derselben durch den doppelten Weg bewegen, um das Kalkwasser zu erreichen. Uebersehen wir daher auch gänzlich die Abnahme der chemischen Anziehung mit der Entfernung, so würde stets der Niederschlag in bedeutender Höhe kleiner seyn als in der Tiefe. Dazu kommt, daß die Kohlensäure nach den Erfahrungen Berthollet's gerade diejenige Gasart ist, welche sich am langsamsten durch andere, namentlich atmosphärische, Luft bewegt. Hierin mag auch der Grund davon liegen, daß dieses Gas stets dort in großer Menge vorhanden ist, wo es sich entwickelt; daraus erklärt sich dann das von Humboldt bei Steben im Fichtelgebirge beobachtete Phänomen, daß Kalkwasser auf dem Grase einer Wiese, in einem Abstande von 10″ und 5′ vom Boden ungleich schnell getrübt wurde [62]), indem die durch die Dammerde gebildete Kohlensäure nur sehr langsam in die Höhe stieg.

Hiernach wird es endlich sehr wenig wahrscheinlich, daß die Atmosphäre in den obern Regionen große Mengen von Hydrogen enthalte. Wegen seiner geringen Dichtigkeit müßte zwar die Menge dieses Gases mit der Höhe sehr schnell zunehmen; da es sich aber mit großer Leichtigkeit durch die Poren der übrigen Gase

61) S. S. 32.

62) Humboldt Vers. üb. die chem. Zerl. d. Luftkr. S. 107.

ausbreitet, so müßten wir es allenthalben antreffen. Die Erfahrung zeigt dieses nicht; wir müssen daher die Existenz desselben bezweifeln und die Frage, wo das viele Hydrogen bleibe, unbeantwortet lassen [63]).

---

63) Ueber die Hypothesen, in denen Hydrogen zur Erklärung vieler Phänomene angenommen wird, s. das von der Luftelectricität handelnde Kapitel.

Zweiter Abschnitt.

Von dem Gange der Temperatur im Allgemeinen.

Eine der auffallendsten Aenderungen im Zustande der Atmosphäre ist der Wechsel von Wärme und Kälte, die ungleiche Temperatur der Luft an verschiedenen Orten, und wir finden daher in den ältesten Schriften Erwähnung dieses Umstandes. Der Vater der Geschichte, welcher uns seine eigenen Beobachtungen sowohl als die Berichte anderer über die Beschaffenheit verschiedener Gegenden der Erde mit großer Vollständigkeit mittheilte, gedenkt bereits der Hitze Aethiopiens [1]); er bemerkt ferner, daß in Indien die Hitze am Morgen viel empfindlicher sey als in Griechenland am Mittage [2]); sodann erzählt er, daß im Lande der Scythen das Wasser acht Monate im Jahre gefroren sey [3]) und daß nördlich von diesem Lande das Meer fest, der Boden mit Federn (wie er den Schnee nennt) bedeckt sey und daß eben solche Federn dort in der Luft schweben [4]). Ja es waren die Unterschiede der Wärme in verschiedenen Gegenden der Erde die Ursache, weshalb die Alten die Oberfläche unseres Planeten in fünf Zonen, eine heiße, zwei gemäßigte und zwei kalte, theilten [5]), eine Eintheilung, die man noch in neueren Zeiten ungeachtet ihrer großen, in der Folge näher zu erörternden Unzweckmäßigkeit beibehalten hat.

In den Werken von späteren Reisenden und Naturforschern finden wir eine große Menge von Thatsachen, aus denen hervor-

1) Herodot. II, 21.
2) Ibid. III, 104.
3) Ibid. IV, 28.
4) Ibid. IV, 30. ἔοικε γὰρ ἡ χιὼν πτεροῖσι.
5) Cicero Somn. Scip.

geht, daß die Kälte der Luft immer größer wird, je weiter wir uns vom Aequator entfernen, je höher wir in derselben Gegend auf die Gebirge steigen. Sobald es jedoch darauf ankommt, genaue Untersuchungen über die Vertheilung der Wärme auf der Oberfläche der Erde anzustellen, sind alle diese Erfahrungen von einem sehr geringen Werthe, sobald ihr Alter ein halbes Jahrhundert übersteigt. Aeltere Reisende, so umsichtig sie auch immer beobachten mochten, und so unbefangen sie auch sonst in ihren Urtheilen sind, konnten sich hiebei nur auf ihr Gefühl verlassen, nach diesem bestimmten sie den Eindruck, welchen Wärme und Kälte auf sie machten; da jedoch unsere Nerven jedes Gefühl nur nach dem unmittelbar vorhergehenden beurtheilen, so dürfen wir uns auf ihre Angaben durchaus nicht verlassen. Wenn es im Winter nach mehreren Tagen strengen Frostes gelinder wird, wenn die Kälte vielleicht nicht einmal so weit abnimmt, daß es zu thauen anfängt, so scheint es uns sehr warm zu seyn; aber eben diese Kälte würde uns im Sommer unerträglich seyn. Ja auf unser Gefühl können noch mehrere andere äußere Umstände einwirken, welche Ursache sind, daß es uns weit heißer oder kälter zu seyn scheint, als es wirklich ist; so klagen fast alle Reisenden, daß die Hitze zwischen den Wendekreisen zur Zeit des Regens weit drückender sey, als in der trockenen Jahreszeit, obgleich die Luft in letzterer vielleicht bedeutend wärmer ist. Wenn der Mensch sich lange in einer Gegend aufhält, möge dieselbe nun warm seyn oder kalt, so gewöhnt sich sein Körper bald an die ihn umgebende Temperatur und jede Aenderung wird ihn drückend; so konnte Humboldt in Südamerica bei einer Temperatur von 21,8° C vor Kälte nicht schlafen [6]).

Erst nachdem Cornelius Drebbel oder irgend ein anderer gleichzeitiger Physiker das Thermometer erfunden hatte, war man im Stande den größeren oder geringeren Grad der Wärme in verschiedenen Gegenden der Erde anzugeben, und bald wurde das Instrument dazu benutzt; Reisende stellten hieher gehörige Messungen an den Punkten an, wo sie sich aufhielten. Aber da wir die Sprache jener älteren sehr unvollkommenen

6) Humboldt Voyage II, 317, wo mehrere Fälle dieser Art erzählt werden.

Werkzeuge nicht kennen, so sind auch diese Messungen wenig brauchbar. Erst als der Deutsche Fahrenheit Quecksilber als Flüssigkeit anwendete und sich zweier festen Punkte zur Bestimmung der Scale bediente, wurde es möglich Instrumente zu verfertigen, deren Angaben mit einander vergleichbar waren. Die Engländer nahmen diese Verbesserung mit Beifall auf, und wir können uns der meisten in englischen Schriften seit dem Jahre 1730 mitgetheilten Beobachtungen bei unseren Untersuchungen bedienen. Weniger günstig nahmen die Franzosen diese Einrichtung des Instrumentes auf, und Reaumur hat durch zu großen Eifer für die Untersuchung der Wärmevertheilung auf der Erde die Fortschritte dieses Theiles der Physik mehr gehemmt als gefördert. Der Weingeist, mit welchem er die Kugeln füllte, dehnte sich in verschiedenen Instrumenten ungleich aus und jener reiche Schatz von Beobachtungen, welche Reaumur mit seinen Instrumenten in verschiedenen Gegenden der Erde anstellen ließ und von denen Cotte uns viele Resultate mittheilt, sind für die Wissenschaft ganz verloren. Erst als de Luc in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die verschiedenen Instrumente untersuchte, erkannte er die Unbrauchbarkeit von Reaumur's Einrichtung; er theilte wie dieser das Intervall zwischen dem Thaupunkte des Eises und dem Siedepunkte des Wassers in 80 gleiche Theile, beobachtete aber nicht die Ausdehnung von Weingeist, sondern die von Quecksilber. Die deutschen Physiker, welche meistens Instrumente nach Fahrenheit's Angabe bei ihren Untersuchungen angewendet hatten, nahmen de Luc's Vorschlag sehr bald auf, und seit dem Jahre 1780 bedienen sich auch die Franzosen meistens der mit Quecksilber angefüllten Thermometer.

Es ist nicht meine Absicht hier die Einrichtung des Thermometers zu beschreiben, da ich die Kenntniß dieses Apparates voraussetzen muß [7]). Ich werde mich in der Folge stets der von

7) Die ausführliche Beschreibung und Verfertigung des Thermometers findet man in Luz Anweisung Thermometer zu verfertigen. 8. Nürnberg 1781. Körner Anleitung zur Verfertigung übereinstimmender Thermometer. 8. Jena 1824. Unter den Lehrbüchern der Physik behandelt diesen Gegenstand sehr ausführlich Biot Lehrbuch der Experimentalphysik von Fechner. 2te Aufl. Leipzig 1828. Bd. I. S. 170—196. Da die käuflichen Thermometer meistens nicht calibrirte Röhren

Celsius vorgeschlagenen Scale, welche auch die Franzosen seit der Zeit der Revolution angenommen haben und welche man gewöhnlich die hundertheilige Scale (Centesimalscale) nennt, bedienen. Bei dieser wird das Intervall zwischen dem Thaupunkte des Eises und dem Siedepunkte des Wassers in 100 Grade getheilt, jener mit 0, dieser mit 100 bezeichnet. Bei Reaumur's (oder strenger de Luc's) Scale, wird der Thaupunkt mit 0, der Siedepunkt mit 80 bezeichnet und das Intervall in 80 gleiche Theile getheilt; Fahrenheit endlich nennt den Thaupunct des Eises den 32sten Grad seiner Scale und zählt von hier bis zum Siedepunkte des Wassers noch 180 Grade, so daß letzterem Punkte der 212te Grad entspricht. Bezeichnen wir daher die Grade des hunderttheiligen Thermometers mit C, die des Reaumur'schen mit R und die des Fahrenheit'schen mit F, so können wir uns zur Verwandlung der Temperaturen in Grade des hunderttheiligen Thermometers folgender Ausdrücke bedienen:

$$1^{\circ}\,C = \tfrac{4}{5}^{\circ}\,R$$
$$1^{\circ}\,C = \tfrac{5}{9}^{\circ}\,(F - 32^{\circ}).$$

Hat man sich ein sorgfältig gearbeitetes Thermometer verschafft, so muß dasselbe zweckmäßig aufgestellt und aufmerksam beobachtet werden. Will man die Wärme der Atmosphäre beobachten, so muß es in dieser selbst hängen, kein Instrument dieser Art kann die Temperatur eines Mittels angeben, in welchem es sich nicht befindet; Angaben von Thermometern, welche selbst in offenen Zimmern hängen, sind für unsere Untersuchung unbrauchbar. Da aber nur die Wärme der Luft auf das Werkzeug wirken soll, so ergiebt sich von selbst, daß es nicht in der Sonne hängen darf. So wünschenswerth es auch ist, den Stand eines von der Sonne beschienenen Thermometers kennen zu lernen, so sind Beobachtungen dieser Art doch nur dann brauchbar, wenn zugleich die Angaben eines zweiten im Schatten hängenden bekannt sind. Stets wird ein von der Sonne beschienenes Instrument mehrere

---

haben, so ist es erforderlich, daß ein Jeder seine Instrumente prüfe, wenn seine Beobachtungen Beachtung verdienen sollen. Anleitung dazu geben Bessel in Poggendorff's Annalen VI, 287 und Egen daselbst XI, 287 fg. Baumgartner im Supplementbande zu seiner Naturlehre. 8. Wien 1830. S. 102 fg. theilt die wichtigsten Resultate aller bisherigen Untersuchungen über diesen Gegenstand mit.

Grade zu hoch stehen, und es ist unbegreiflich, wie selbst de Luc [8]) den Einfluß dieses Umstandes übersehen konnte. Eben so schädlich als das directe Sonnenlicht ist das reflectirte. Steht in einiger Entfernung vom Instrumente ein von der Sonne beschienenes Haus, so wird die Angabe von jenem stets höher seyn, als ohne diesen Umstand der Fall seyn würde. Es ist aus diesen Gründen am zweckmäßigsten den Stand eines Thermometers aufzuzeichnen, welches an einem freien Platze gegen Norden hängt; Angaben von Thermometern aber, die in engen Straßen hängen, sollten nie bekannt gemacht werden, weil in ihnen constante Fehler enthalten sind, deren Ausmittelung wohl unmöglich seyn möchte.

Aber nicht bloß die Weltgegend auch die Entfernung vom Boden hat Einfluß auf die Angabe des Thermometers. Die Erde als fester Körper wird von der Sonne stärker erwärmt als die durchsichtige Luft, und eben so erkaltet sie in der Nacht mehr als diese. Die Wärmestrahlung ist Ursache, daß sich eben dieser Unterschied bei allen benachbarten Körpern und zwar desto stärker zeigt, je näher letztere am Boden sind. Durch die Untersuchungen von Biot und Brandes [9]) ist es erwiesen, daß die Temperatur der Luft nahe am Boden während des Tages oft mehrere Grade höher ist, als in der Entfernung von mehreren Fußen, während in heiteren windstillen Nächten nach den Erfahrungen von Wells [10]) das Gegentheil Statt findet. Six war es, welcher zuerst mit Bestimmtheit nachwies, daß der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Angaben eines Thermometers desto kleiner würde, je weiter letzteres vom Boden entfernt wäre. Er hing von dreien seiner Thermometrographen den einen in einen Garten 6 Fuß über den Boden, den zweiten an den Fuß des Thurmes zu Canterbury 110 Fuß über dem ersten, und den dritten an die Spitze dieses Thurmes noch 110 Fuß höher. Vom 4ten bis 24sten September 1783 und sodann vom 20sten December 1783 bis zum 8ten Januar 1784 zeichnete er die gefundenen Temperaturen auf, schloß jedoch in der zweiten Reihe

8) de Luc Idées II, 352. §. 784.

9) S. Luftspiegelung im zweiten Bande.

10) S. Thau im vierten Abschnitte.

das mittlere Thermometer aus. Thun wir eben dieses, so ergiebt sich ein Mittel aus 41 Beobachtungen

6 Fuß vom Boden	Minimum 2°,6;	Maximum 7°,9
220	3,1	7,1

darnach ist unten das Minimum um 0°,5 kleiner, das Maximum um 0°,8 größer als oben, so daß der Unterschied der Extreme unten nahe um 1° größer ist [11]). Um dieselbe Zeit machte Wilson in Glasgow ähnliche Beobachtungen, indem er fand, daß in heiteren Nächten die Temperatur in der Nähe des Bodens weit geringer sey als in der Höhe [12]). Eine sehr sorgfältige Reihe von Beobachtungen dieser Art hat Daniell angestellt. Er befestigte einen Thermometrographen in der Nähe des Bodens über kurzem Grase, während ein anderer in der Entfernung von mehreren (nicht angegebenen) Fußen über demselben hing. Der Unterschied beider Minima war nach dem Mittel dreijähriger Beobachtungen folgender [13]):

Januar	1°,9 C
Februar	2,6
März	3,1
April	3,4
Mai	2,3
Junius	2,9
Julius	2,0
August	2,9
September . . .	3,0
October	2,7
November . . .	2,0
December . . .	1,9

Und eben dieses fand Sabine in Bahia und auf Jamaica bestätigt [14]).

11) Philos. Trans. for 1784. Vol. LXXIV. p. 428. Eigentlich beträgt die Größe des Unterschiedes 1°,3, aber die Differenz beider Maxima ist wohl deshalb um 0°,3 größer als die der beiden Minima, weil auch wegen der größeren Höhe des oberen Thermometers seine Angaben etwas kleiner seyn müssen als die des unteren.

12) Philos. Trans. for 1780. p. 451.

13) Daniell Essays p. 230.

14) Daniell Essays p. 231. Daniell giebt eben daselbst den Unterschied der beiden Maxima, da aber das untere etwa einen Zoll vom

Weit bekannter als die genannten Erfahrungen sind diejenigen, welche Pictet in Genf machte. Es fand derselbe, daß ein 5 Fuß vom Boden hängendes Thermometer beim Aufgange der Sonne 2°,5 niedriger, dagegen um 2 Uhr Abends 2°,5 höher stand, als ein 75 Fuß höher befestigtes, und daß während der Nacht das untere eine um dieselbe Größe niedrigere Wärme angab [15]). Dieser Unterschied ist weit größer als ihn Six gefunden hatte und stimmt sehr nahe mit der von Daniell erhaltenen Größe überein, aber ich glaube, daß die von Six erhaltenen Differenzen bei Bestimmungen der Temperatur der Luft vorzuziehen sind und daß die Untersuchungen von Pictet bei Bestimmung jenes Elementes kein solches Gewicht verdienen, als ihnen de Luc [16]), Schouw [17]) und andere Physiker geben. Der Einfluß der Höhe war nämlich nur dann so bedeutend, wenn der Himmel heiter war oder sich auch nur einzelne Wolken zeigten, dagegen verschwand derselbe bei bewölktem Himmel fast ganz; schon aus diesem Grunde würden Pictet's Erfahrungen denen von Six, die für den mittleren Zustand der Atmosphäre gelten, nachzusetzen seyn, käme nicht noch der Umstand dazu, daß die Thermometer bei Pictet's Messungen zum Theil in der Sonne hingen, wie bereits Saussure [18]) bemerkte und wie auch de Luc selbst gesteht. Die von Daniell gefundenen Unterschiede, welche mit den von Pictet erhaltenen Größen nahe übereinstimmen, sind bei dieser Untersuchung von geringem Gewichte, da wohl selten ein Meteorolog, der die Temperatur der Atmosphäre bestimmen will, sein Thermometer so nahe am Boden befestigen wird, als dieser Beobachter es that.

So einflußreich jedoch auch der Abstand des Instrumentes vom Boden auf seine Angaben ist, so scheint es doch im hohen

---

Boden entfernte Thermometer von der Sonne beschienen würde und seine Kugel meistens geschwärzt war, so ist eine Vergleichung mit dem obern im Schatten hängenden unmöglich.

15) Pictet Essai sur le feu chap. 8. — Bibliothèque universelle, Sc. et A. 1817 Aout.

16) de Luc Idées II, 361.

17) Schouw Pflanzengeographie S. 73.

18) Saussure Reisen durch die Alpen §. 1195. IV, 115.

Grade unwahrscheinlich, daß derselbe in der mittlern Temperatur der Luft eine sehr bedeutende Unrichtigkeit erzeuge, wenn nur die Stunden, zu denen der Stand desselben aufgezeichnet wird, gleichförmig am Tage und in der Nacht vertheilt sind. Hängt das Instrument etwa 10 Fuß über dem Boden, so wird die Strahlung nur eine geringe Einwirkung auf dasselbe haben; wünschenswerth aber bleibt es stets, daß die Beobachter in Zukunft dieses Element in ihren Tagebüchern angeben.

Da die Wärme den größten Einfluß auf alle übrigen Erscheinungen in der Atmosphäre hat, so müssen wir zunächst untersuchen, wie die vorhandenen Beobachtungen am besten zur Bestimmung der Klimate benutzt werden können. Aeltere Physiker wählten hier gewöhnlich die höchste und niedrigste während eines Jahres beobachtete Temperatur; dieses Verfahren ist völlig unbrauchbar, da wir durchaus nichts über den Gang der Wärme im Jahre erfahren [19]). Später wählte man die beiden während eines Monates beobachteten Extreme und sah das arithmetische Mittel derselben als mittlere Temperatur an, auch diese Methode ist unzweckmäßig [20]). Dasselbe gilt von dem Verfahren, dessen sich die Beobachter noch bis jetzt in Rußland bei Bearbeitung ihrer Journale bedienen [21]). Sie beobachten das Thermometer täglich mehrmals und geben dann in ihrer Uebersicht an, wie oft es während eines Monates oder Jahres zwischen beliebig angenommenen Gränzen, also zwischen 0° und 5°, zwischen 5° und 10° u. s. w. gestanden habe. Man erhält hiedurch eben so wenig eine Kenntniß vom Gange der Wärme an einem Orte, als durch jene vorher erwähnten Methoden.

Wenn wir die Aenderung der Temperatur während des Jahres untersuchen wollen, so müssen wir zunächst mit der Wärme eines Tages beginnen. Da jedoch das Thermometer sehr viele

19) Lambert Briefwechsel IV, 206. Wargentin in den Schwed. Abh. für 1757. XIX, 170. Humboldt in den Mém. d'Arcueil III, 490.

20) Lambert in den Mém. de Berlin pour 1777. p. 36.

21) Noch in den neuesten Bänden der Mémoires de l'Academie de St. Petersbourg ist dieses Verfahren angewendet.

unregelmäßige Schwankungen zeigt, so müssen wir diese zunächst zu entfernen suchen. Man beobachtet deßhalb mehrere Tage hinter einander zu denselben Stunden des Tages, und nimmt aus den Messungen zu einerlei Stunde das Mittel. Dadurch wird die Größe dieser Störungen vermindert. Am zweckmäßigsten ist es, aus den einzelnen zu derselben Tageszeit während eines Monates angestellten Beobachtungen das Mittel zu nehmen, dann giebt dieses sehr nahe die Temperatur, welche in der Mitte des Monates beobachtet seyn würde. Hat man nun von Stunde zu Stunde den Stand des Thermometers aufgezeichnet, so erhält man am leichtesten eine Uebersicht über den Gang der Wärme am Tage, wenn man (Fig. 3) eine gerade Linie AB als Axe der Abscissen ansieht, diese in 24 gleiche Theile theilt und hierauf mit einem beliebigen Maaßstabe senkrechte Ordinaten AC, EF, BD u. s. w. zur Bezeichnung der in den einzelnen Momenten beobachteten Thermometerstände errichtet. Werden dann die Endpunkte dieser Ordinaten verbunden, so erhält man eine ziemlich regelmäßige Curve. Nimmt man diese Construction für verschiedene Monate des Jahres vor, so ergiebt sich daraus, daß die Wärme einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne am kleinsten, einige Zeit nach ihrer Culmination am größten ist. Da wir hiernach die mittleren Wärmegrade in jedem Momente angeben können, so sind wir auch im Stande die gesammte Wärmemenge zu bestimmen, welche ein Ort während eines Tages erhält. Der Flächeninhalt der Temperaturcurve ist der gesuchten Größe gleich. Dadurch erhalten wir ein Rechteck, dessen Grundlinie AB, dessen Höhe AG ist. Sehen wir die die Länge des Tages AB als Einheit an, so erhalten wir unmittelbar die Linie AG für die mittlere Wärme, die ein Ort während des Tages erhält. Diese Größe ist die einfachste, welche wir zur Bestimmung der Temperatur eines Tages zum Grunde legen können, und wenn wir dieselbe für jeden Monat aufsuchen, so giebt das Mittel der zwölf auf diese Art erhaltenen Größen den mittleren Thermometerstand während des Jahres.

Directe Beobachtungen sind das sicherste Mittel, welches hier zum Ziele führt. Jedoch haben verschiedene Mathematiker sich bemüht, das Problem auf analytischem Wege zu lösen.

Halley [22]), Kästner [23]), L. Euler [24]), Tralles [25]), Schmidt [26]) und mehrere Mathematiker haben Methoden zu dieser Berechnung vorgeschlagen [27]). Da die Atmosphäre vorzugsweise von den Strahlen der Sonne erwärmt wird, da ferner dieser Himmelskörper so weit von der Erde entfernt ist, daß wir die zu uns kommenden Strahlen als parallel ansehen können, so wird angenommen, daß die von der Sonne erzeugte Wärme dem Sinus ihrer Höhe proportional sey, was um so eher erlaubt scheint, da dieses Gesetz wenigstens für das Licht durch directe Versuche vollkommen bewiesen ist [28]). Soll indessen dieser Grundsatz auf die Beobachtungen angewendet werden, so treffen wir auf so viele Schwierigkeiten, daß auch der neueste Bearbeiter dieses Gegenstandes die Ausführung desselben aufgeben mußte [29]).

Obgleich wir erst im fünften Abschnitte die Umstände genauer erörtern wollen, welche auf den Gang der Wärme einen größern oder geringern Einfluß haben, so scheint es doch zweckmäßig, hier sogleich auf einige der wichtigsten Punkte aufmerksam zu machen, die hiebei eine Rolle spielen. Nur während des Tages wird die Temperatur vorzugsweise von der Sonne bedingt; in der Nacht erkaltet die Erde durch Strahlung und es sinkt daher das Thermometer bis zur Morgendämmerung. Könnte man daher auch die Constanten für die Aenderung des Thermometers am Tage bestimmen, so würde man stets eine discontinuirliche Function erhalten, da die Wärme während der Nacht nothwendig einem andern Gesetze folgen muß, als am Tage.

Auch am Tage spielt die Strahlung bei diesem Phänomene eine so bedeutende Rolle, daß es sehr schwierig seyn möchte, den Einfluß von ihr und der latenten Wärme des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes hinreichend scharf zu bestimmen. Da-

---

22) Philos. Trans. for 1693. p. 878.

23) Hamburgisches Magazin II, 426.

24) Comment. Petrop. XI, 82.

25) Abh. der Berl. Acad. für 1818—19. Mathem. Cl. p. 67.

26) Mathem. und Phys. Geogr. II.

27) Wargentin in der Abh. der Schwed. Acad. f. 1757. Bd. XIX, 162.

28) Lambert Photometria. §. Aug. Vindel. 1760. p. 81.

29) Schmidt l. l.

her geschieht es denn, daß das Thermometer bei gleicher Sonnenhöhe nach der Culmination höher steht als am Morgen, daß sein höchster Stand einige Stunden nach dem Mittage Statt findet. Daher scheint es wenig wahrscheinlich, daß man einen einfachen Ausdruck finden werde, vermittelst dessen sich die Wärme zu einer beliebigen Stunde aus der bloßen Sonnenhöhe angeben läßt. Wenn wir jedoch annehmen, daß die noch von der Nacht übrige Kälte die Wärme der Atmosphäre vor der Culmination der Sonne eben so viel unter den ihrer Höhe entsprechenden Stand deprimirt, als sie dieselbe nach der Culmination über denselben erhebt, dann zeigen die Beobachtungen allerdings die Richtigkeit des allgemeinen Gesetzes. Länger als ein Jahr hat Chiminello in Padua in einer Breite von 45° 24′ N. den Stand des Thermometers von Stunde zu Stunde aufgezeichnet. Nehmen wir das Mittel der Thermometerstände nach dem jährlichen Durchschnitte um 11 Uhr Morgens und 1 Uhr Abends, 10 Uhr Morgens und 2 Uhr Abends, ... 6 Uhr Morgens und Abends und berechnen dann die Höhe der Sonne nach der bekannten Formel

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t$$

wo h die Höhe der Sonne, δ die Declination der Sonne (hier $= 0$), φ die Polhöhe und t den Stundenwinkel vom Mittage an gerechnet bezeichnet, so können wir allerdings annehmen, daß

$$T = a + b \sin h$$

sey, wo T die der Sonnenhöhe h entsprechende Wärme ist, während a und b zwei constante durch die Beobachtungen näher zu bestimmende Coefficienten sind. Folgende Tafel zeigt die Richtigkeit dieser Behauptung:

t	Sonnenhöhe	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
0	44°36′	16°,17	16°,19	+ 0°,02
15	42.42	16,07	16,09	+ 0,02
30	37.27	15,86	15,79	— 0,07
45	29.46	15,42	15,31	— 0,11
60	20.33	14,63	14,69	+ 0,06
75	10.21	13,87	13,96	+ 0,08
90	0	13,17	13,18	+ 0,01

Es sind in der dritten Verticalspalte diejenigen Größen enthalten, welche Chiminello durch seine sogleich zu erwähnenden

Beobachtungen gefunden hatte; leiten wir aus diesen mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe der Constanten a und b ab, so wird

$$T = 13{,}177 + 4{,}2912 \sin h.$$

Die obige Tafel enthält in der vierten Verticalspalte die nach dieser Formel berechneten Temperaturen, und die Differenzen in der fünften Spalte sind so klein, daß wir die Formel als naturgemäß ansehen dürfen.

Wenn wir demnach die Wärme der Atmosphäre an einem Orte zu einer beliebigen Tageszeit bestimmen wollen, so sind directe Beobachtungen das einzige zum Ziele führende Mittel. Mehrere Physiker, unter denen sich besonders Lambert und Niebuhr auszeichnen [30]), haben den Stand des Thermometers stündlich aufgezeichnet, aber meistens umfassen diese Messungen nur wenige Tage, oder sie wurden an heiteren Tagen angestellt, so daß sie nicht für den mittleren Zustand der Atmosphäre gelten können. So wünschenswerth es nun auch ist, Untersuchungen dieser Art in verschiedenen Gegenden der Erde anzustellen, so besitzen wir bisher doch nur zwei vollständige Reihen von Messungen, welche uns in den Stand setzen, den Gang der täglichen Wärme an allen Orten in mittleren Breiten annähernd zu bestimmen.

Die erste vollständige Arbeit über diesen Gegenstand rührt von Chiminello her. Sechszehn Monate hindurch zeichnete er den Thermometerstand stündlich von 4 Uhr Morgens bis 11 Uhr Abends auf; in der Zwischenzeit der Nacht machte er noch eine Beobachtung, wechselte aber hier mit den Stunden und ergänzte die fehlenden Größen durch Interpolation. Er theilte diese mittleren Thermometerstände, nach den Himmelszeichen geordnet in denen sich die Sonne befand, sehr bald mit [31]); aus diesen Tafeln leitete dann Schouw [32]) durch Interpolation folgende Größen für die einzelnen Monate her.

---

30) Schouw Pflanzengeographie S. 52. Schweigger Jahrbuch N. R. XVII, 391.

31) Saggi scientifici di Padova I, 195 u. 208. Ephemerides Soc. Meteor. Palat. 1789, 354. Toaldo Saggio meteorologico sulla vera influenza degli Astri. 2e ed. Padova 1781. p. 11.

32) Schouw Pflanzengeographie 57.

Gang der täglichen

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Junius	Julius	August
Mittern.	3°,25	4°,28	6°,83	11°,97	17°,44	19°,31	23°,02	20°,00
1	2,98	4,18	6,62	11,49	16,93	19,17	22,49	19,95
2	2,98	3,88	6,23	11,17	16,60	18,93	22,06	19,42
3	2,76	3,68	5,96	10,95	16,22	18,58	21,65	18,98
4	2,72	3,48	5,63	10,57	16,05	18,54	21,34	18,49
5	2,38	3,25	5,37	10,20	16,26	18,94	21,89	18,49
6	2,30	3,06	5,16	10,25	17,52	20,40	23,47	19,13
7	2,15	2,91	5,40	10,76	19,14	21,83	25,36	20,52
8	2,37	3,12	6,91	11,74	20,26	22,74	26,37	22,06
9	2,84	3,86	6,97	12,80	21,31	23,48	28,10	24,85
10	3,58	4,99	8,77	13,56	22,09	24,00	28,92	25,17
11	4,43	5,67	8,82	14,09	22,85	24,72	29,52	25,76
Mittag	4,94	6,44	9,38	14,62	23,39	25,08	30,01	26,50
1	5,44	6,70	9,66	15,13	23,57	25,19	30,47	26,97
2	5,60	6,91	9,91	15,43	23,65	25,21	30,73	27,45
3	5,52	6,95	10,10	15,70	23,65	25,17	30,48	27,55
4	5,19	6,56	9,87	15,65	23,31	24,68	29,59	26,83
5	4,80	6,11	9,47	15,50	22,57	23,93	29,11	25,90
6	4,45	5,88	9,01	14,92	21,47	23,18	27,82	24,46
7	4,11	5,67	8,64	14,43	20,29	22,08	26,64	23,19
8	3,80	5,42	8,27	13,62	20,14	21,45	24,80	22,17
9	3,65	5,07	7,86	13,17	18,58	20,21	24,14	21,53
10	3,49	4,78	7,43	12,69	18,17	19,78	23,97	21,09
11	3,35	4,50	7,13	12,28	17,78	19,61	23,39	20,57
Mittel	3,71	4,89	7,73	13,03	19,97	21,93	26,06	22,79

Diese Tafel setzt uns in den Stand, die Aenderungen des Thermometers von Stunde zu Stunde zu übersehen; da jedoch unregelmäßige Bewegungen des Quecksilbers hier noch einen zu großen Einfluß ausüben, so scheint es zweckmäßig, einen Ausdruck zu entwickeln, vermittelst dessen sich die Größe der Luftwärme in jedem Momente einigermaßen von diesen Störungen befreit bestimmen läßt. Da jedoch die Formeln, bei denen die Höhe der Sonne zum Grunde gelegt wird, im hohen Grade verwickelt sind, so scheint es mir zweckmäßiger, hier ein empirisches Interpolationsverfahren anzuwenden. Man kann der Function, welche diesen Gang darstellen soll, eine beliebige Gestalt geben; da jedoch die Messungen eine von der Länge des Tages abhängige Periodicität zei=

Wärme in Padua

Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Winter	Frühl.	Sommer	Herbst	Jahr
16°,68	13°,94	6°,56	2°,97	3°,50	12°,08	20°,78	12°,39	12°,19
16,39	13,85	6,45	2,80	3,32	11,68	20,54	12,22	11,94
16,07	13,63	6,28	2,64	3,17	11,33	20,14	11,99	11,66
15,76	13,42	6,15	2,61	3,02	11,04	19,74	11,78	11,39
15,46	13,18	6,04	2,53	2,91	10,75	19,46	11,56	11,17
15,05	12,94	5,95	2,44	2,69	10,61	19,77	11,31	11,10
15,20	13,00	5,87	2,39	2,58	10,98	21,00	11,36	11,48
16,15	13,21	5,75	2,30	2,45	11,77	22,57	11,70	12,12
17,39	13,91	6,52	2,59	2,69	12,97	23,72	12,61	12,99
19,11	14,69	7,70	3,43	3,38	13,69	25,48	13,83	14,09
19,67	15,56	8,74	4,16	4,24	14,80	26,03	14,66	14,93
20,33	16,16	9,62	5,15	5,08	15,25	26,67	15,37	15,59
21,06	16,68	10,25	5,71	5,70	15,80	27,20	16,00	16,17
21,56	17,10	10,75	6,21	6,12	16,12	27,54	16,47	16,56
21,93	17,43	10,92	6,41	6,31	16,33	27,79	16,76	16,79
21,97	17,47	10,50	5,94	6,14	16,48	27,73	16,65	16,75
21,35	17,34	9,64	5,27	5,67	16,28	27,03	16,11	16,27
20,38	16,23	8,64	4,76	5,22	15,85	26,31	15,08	15,61
19,42	15,60	7,92	4,25	4,86	15,13	25,15	14,31	14,86
18,60	15,09	7,58	4,03	4,60	14,45	23,97	13,76	14,19
18,50	14,86	7,32	3,79	4,34	14,01	22,81	13,56	13,68
18,09	14,59	7,12	3,52	4,06	13,20	21,96	13,27	13,12
17,65	14,27	6,83	3,26	3,84	12,76	21,61	12,92	12,78
17,33	14,07	6,66	3,10	3,65	12,40	21,19	12,69	12,48
18,38	14,92	7,73	3,84	4,15	13,57	23,59	13,68	13,75

zeigen, so ist es am zweckmäßigsten sich hier trigonometrischer Functionen zu bedienen. Man betrachtet zu dem Behufe die Länge des Tages als Peripherie eines Kreises, theilt diese in 24 gleiche Theile, so daß auf jede Stunde 15° kommen und sieht man die zu suchende Größe als eine Function vom Sinus oder Cosinus dieses Stundenwinkels an. In der einfachsten Gestalt hat Schmidt diesen Ausdruck angewendet [33]). Rechnet man die Stunden vom Mittage an bis zu 24 und bezeichnet dann mit n

33) Mathem. u. Phys. Geogr. II, 279.

die Stunde (jede zu 15° gerechnet), für welche die Wärme T_n gesucht wird, so ist

$$T_n = a + b \cdot \cos n \cdot 15^\circ + c \sin n \cdot 15^\circ$$
$$+ d \cdot \cos n \cdot 30^\circ + e \sin n \cdot 30^\circ$$
$$+ f \cdot \cos n \cdot 45^\circ + g \sin n \cdot 45^\circ$$
$$+ h \cdot \cos n \cdot 60^\circ + i \sin n \cdot 60^\circ$$
$$+ - - - - - -$$

Hier sind die Größen a, b, c ..... i constante durch die Beobachtungen näher zu bestimmende Coefficienten; es werden von diesem Ausdrucke so viel Glieder entwickelt, bis die letzten so klein sind, daß wir sie ganz übersehen dürfen. Es scheint mir jedoch, daß die Zahl der nöthigen Glieder hier weit größer, die Berechnung der Temperatur viel weitläuftiger ist, als nach dem sogleich anzugebenden Ausdrucke.

Indem A. Bouvard dieselbe Eintheilung des Tages zum Grunde legte, hatte er schon früher einen Ausdruck entwickelt, welcher bei einer geringeren Zahl von Gliedern eine größere Genauigkeit gewährt [34]). Bezeichnet T_n die der nten Stunde entsprechende Wärme, T_0 den zur Zeit der Culmination der Sonne gefundenen Thermometerstand, und sind a, b, c .... constante durch die Beobachtungen zu bestimmende Coefficienten, m, o, p .... eben solche Bögen; so ist

$$T_n - T_0 = a \sin (n \cdot 15^\circ + m) + b \sin (n \cdot 30^\circ + 0)$$
$$+ c \sin (n \cdot 45^\circ + p) + \ldots\ldots$$

von denen so viele Glieder entwickelt werden, als nöthig zu seyn scheinen. Schon früher als mir diese Arbeiten bekannt wurden, hatte ich mich eines dem letzteren sehr ähnlichen Ausdruckes bedient, welchen Hällström [35]) bei mehreren Untersuchungen mit Erfolg angewendet hat. Es ist nämlich nach demselben

$$T_n = T + u' \sin (n \cdot 15^\circ + v') + u'' \sin (n \cdot 30^\circ + v'')$$
$$+ u''' \sin (n \cdot 45^\circ + v''') + \ldots\ldots$$

Dieser Ausdruck empfiehlt sich besonders dadurch, daß sich die Constanten mit großer Leichtigkeit nach der Methode der kleinsten

34) Mémoires de l'Ac. des Sciences de l'Institut de France T. VII. p. 300. Bibliothèque univ. XLI, 276.

35) Poggendorff's Annalen IV, 405. VIII, 131. XI, 251. vgl. Baumgartner Naturlehre Supplementband S. 22 fg.

Quadrate bestimmen lassen, wenn die directen Messungen nur stets einen gleichen Abstand haben, also entweder alle Stunden oder alle zwei, drei .... Stunden angestellt sind. Ist dieses nicht der Fall, so ist es am zweckmäßigsten, die fehlenden Zwischenbeobachtungen durch Interpolation zu ergänzen und die Rechnung mit diesen interpolirten Größen vorzunehmen. Gesetzt, man hätte in unserem Falle die Temperatur stündlich aufgezeichnet, es fehlte aber der Stand um 10 Uhr Abends, so könnte man das Mittel der Thermometerstände um 9 Uhr und 11 Uhr als der Wahrheit nahe kommend ansehen und nun die Berechnung der Constanten vornehmen. Sollte sich jedoch hiebei zeigen, daß die durch Interpolation gefundene Größe sich zu sehr von der nach der Formel erhaltenen entfernte, so könnte man diesen durch die erste Berechnung gefundenen Werth nochmals zur Bestimmung der Constanten anwenden. Wie groß die Zahl von Gliedern sey, welche man bei Anwendung dieser Formel nehmen muß, hängt offenbar von der Natur des zu lösenden Problems ab. Für den Gang der Temperatur während eines Tages scheinen vier Glieder erforderlich zu seyn, bei den meisten in der Folge anzustellenden Untersuchungen werden wir uns indessen nur der drei ersten bedienen.

Wenden wir auch nur diese drei Glieder an, so haben wir fünf Constanten T, u', u'', v', v'' aufzusuchen und es sind also wenigstens fünf Beobachtungen erforderlich. Hier treffen wir auf den sonderbaren Fall, daß bei Anwendung aller 24 Beobachtungen und der Methode der kleinsten Quadrate die Rechnung im Allgemeinen schneller vollendet wird, als wenn wir nur fünf *beliebige* Beobachtungen anwenden. Bezeichnen wir nämlich die um Mittag, 1 Uhr, 2 Uhr ...... 23 Uhr gefundenen Größen mit 0, I, II, III .... XXIII, so ist T gleich dem arithmetischen Mittel dieser Größen, und für die übrigen Constanten ergeben sich folgende Endgleichungen:

$$\begin{aligned} 12\, u' \sin v' = {} & (\mathrm{I} - \mathrm{XI} - \mathrm{XIII} + \mathrm{XXIII}) \cos 15^\circ \\ & + (\mathrm{II} - \mathrm{X} - \mathrm{XIV} + \mathrm{XXII}) \cos 30^\circ \\ & + (\mathrm{III} - \mathrm{IX} - \mathrm{XV} + \mathrm{XXI}) \cos 45^\circ \\ & + (\mathrm{IV} - \mathrm{VIII} - \mathrm{XVI} + \mathrm{XX}) \cos 60^\circ \\ & + (\mathrm{V} - \mathrm{VII} - \mathrm{XVII} + \mathrm{XIX}) \cos 75^\circ \\ & + 0 - \mathrm{XII} \end{aligned}$$

$$12u'\cos v' = (\mathrm{I}+\mathrm{XI}-\mathrm{XIII}-\mathrm{XXIII})\sin 15^\circ$$
$$+(\mathrm{II}+\mathrm{X}-\mathrm{XIV}-\mathrm{XXII})\sin 30^\circ$$
$$+(\mathrm{III}+\mathrm{IX}-\mathrm{XV}-\mathrm{XXI})\sin 45^\circ$$
$$+(\mathrm{IV}+\mathrm{VIII}-\mathrm{XVI}-\mathrm{XX})\sin 60^\circ$$
$$+(\mathrm{V}+\mathrm{VII}-\mathrm{XVII}-\mathrm{XIX})\sin 75^\circ$$
$$+\mathrm{VI}-\mathrm{XVIII}$$

$$12u''\sin v'' = (\mathrm{I}-\mathrm{V}-\mathrm{VII}+\mathrm{XI}+\mathrm{XIII}-\mathrm{XVII}-\mathrm{XIX}+\mathrm{XXIII})\cos 30^\circ$$
$$+(\mathrm{II}-\mathrm{IV}-\mathrm{VIII}+\mathrm{X}+\mathrm{XIV}-\mathrm{XVI}-\mathrm{XX}+\mathrm{XXII})\cos 60^\circ$$
$$+0-\mathrm{VI}+\mathrm{XII}-\mathrm{XVIII}$$

$$12u''\cos v'' = (\mathrm{I}+\mathrm{V}-\mathrm{VII}-\mathrm{XI}+\mathrm{XIII}+\mathrm{XVII}-\mathrm{XIX}-\mathrm{XXIII})\sin 30^\circ$$
$$+(\mathrm{II}+\mathrm{IV}-\mathrm{VIII}-\mathrm{X}+\mathrm{XIV}+\mathrm{XVI}-\mathrm{XX}-\mathrm{XXII})\sin 60^\circ$$
$$+\mathrm{III}-\mathrm{IX}+\mathrm{XV}-\mathrm{XXI}$$

$$12u'''\sin v''' = (\mathrm{I}-\mathrm{III}-\mathrm{V}+\mathrm{VII}+\mathrm{IX}-\mathrm{XI}-\mathrm{XIII}+\mathrm{XV}+\mathrm{XVII}-\mathrm{XIX}-\mathrm{XXI}+\mathrm{XXIII})\cos 45^\circ$$
$$+0-\mathrm{IV}+\mathrm{VIII}-\mathrm{XII}+\mathrm{XVI}-\mathrm{XX}$$

$$12u'''\cos v''' = (\mathrm{I}+\mathrm{III}-\mathrm{V}-\mathrm{VII}+\mathrm{IX}+\mathrm{XI}-\mathrm{XIII}-\mathrm{XV}+\mathrm{XVII}+\mathrm{XIX}-\mathrm{XXI}-\mathrm{XXIII})\sin 45^\circ$$
$$+\mathrm{II}-\mathrm{VI}+\mathrm{X}-\mathrm{XIV}+\mathrm{XVIII}-\mathrm{XXII}$$

Hat man dann die Producte $u'\sin v'$, $u'\cos v'$, $u''\sin v''$, $u''\cos v''$, $u'''\sin v'''$, $u'''\cos v'''$ gefunden, so lassen sich die Factoren selbst sehr leicht angeben.

Wenden wir diesen Ausdruck auf unser Problem an und bestimmen den Gang der Temperatur während des Tages im jährlichen Durchschnitte, so geben die Messungen von Chiminello folgende Größen:

$$u'\sin v' = +2{,}0886$$
$$u'\cos v' = +1{,}6446$$
$$u''\sin v'' = +0{,}5099$$
$$u''\cos v'' = +0{,}2211$$
$$u'''\sin v''' = -0{,}0971$$
$$u'''\cos v''' = -0{,}0731$$

Hieraus folgt,

$$v' = 51^\circ 47', \quad u' = 2{,}6589, \quad \log u' = 0{,}42470$$
$$v'' = 66^\circ 33', \quad u'' = 0{,}5558, \quad \log u'' = 0{,}74493-1$$
$$v''' = 233.0, \quad u''' = 0{,}1220, \quad \log u''' = 0{,}68630-1$$

Es ist mithin

$$T_n = 13^\circ{,}7463 + 2{,}6589 \sin(n.\,15^\circ + 51^\circ 47') + 0{,}5558 \sin(n.\,30^\circ + 66^\circ 33') + 0{,}1220 \sin(n.\,45^\circ + 233^\circ)$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler

$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ{,}0469.$$

Die folgende Tafel enthält die Vergleichung der beobachteten Werthe mit den berechneten.

Stunde	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Stunde	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
0	16°,17	16°,25	+0°,08	12	12°,19	12°,26	+0°,07
1	16,56	16,65	+0,09	13	11,94	11,98	+0,04
2	16,79	16,77	—0,02	14	11,66	11,65	—0,01
3	16,75	16,64	—0,11	15	11,39	11,33	—0,06
4	16,27	16,27	0	16	11,17	11,14	—0,03
5	15,61	16,67	+0,06	17	11,10	11,19	+0,09
6	14,86	14,97	+0,11	18	11,48	11,54	+0,06
7	14,19	14,24	+0,05	19	12,12	12,18	+0,06
8	13,68	13,58	—0,10	20	12,99	13,02	+0,03
9	13,12	13,10	—0,02	21	14,09	13,95	—0,14
10	12,78	12,75	—0,03	22	14,93	14,87	—0,06
11	12,48	12,50	+0,02	23	15,59	15,65	+0,06

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den berechneten Temperaturen ist so groß, daß wir die Abweichungen beider völlig übersehen dürfen; es würden diese Differenzen noch weit geringer seyn, hätten wir eine größere Zahl von Gliedern angewendet. Ich habe mich daher auch desselben Ausdruckes bedient, um den Gang der Wärme in den einzelnen Monaten zu bestimmen; freilich werden hier die Differenzen größer, die Ursache davon möchte aber zum Theil darin liegen, daß der Einfluß der unregelmäßigen Bewegungen noch zu bedeutend ist. Da es hier zu weitläuftig werden würde, sollte ich für jeden Monat dieselbe Vergleichung anstellen, als so eben für das ganze

Jahr geschah, so will ich nur die Formeln für die einzelnen Monate und sodann die berechneten Temperaturen angeben.

Januar: $T_n = 3{,}7117 + 1{,}406 \sin (n \cdot 15^\circ + 34^\circ 24') + 0{,}5910 \sin (n \cdot 30^\circ + 40^\circ 36') + 0{,}1315 \sin (n \cdot 45^\circ + 66^\circ 44')$

Februar: $T_n = 4{,}8896 + 1{,}720 \sin (n \cdot 15^\circ + 30^\circ 16') + 0{,}5967 \sin (n \cdot 30^\circ + 49^\circ 44') + 0{,}2055 \sin (n \cdot 45^\circ + 86^\circ 33')$

März:[36] $T_n = 7{,}6846 + 2{,}173 \sin (n \cdot 15^\circ + 34^\circ 26') + 0{,}5335 \sin (n \cdot 30^\circ + 63^\circ 27') + 0{,}1417 \sin (n \cdot 45^\circ + 161^\circ 11')$

April: $T_n = 13{,}0288 + 2{,}534 \sin (n \cdot 15^\circ + 34^\circ 53') + 0{,}3676 \sin (n \cdot 30^\circ + 59^\circ 3') + 0{,}2381 \sin (n \cdot 45^\circ + 198^\circ 34')$

Mai: $T_n = 19{,}9683 + 3{,}755 \sin (n \cdot 15^\circ + 59^\circ 52') + 0{,}3983 \sin (n \cdot 30^\circ + 105^\circ 43') + 0{,}3599 \sin (n \cdot 45^\circ + 247^\circ 14')$

Junius: $T_n = 21{,}9254 + 3{,}883 \sin (n \cdot 15^\circ + 67^\circ 21') + 0{,}2282 \sin (n \cdot 30^\circ + 96^\circ 47') + 0{,}3831 \sin (n \cdot 45^\circ + 251^\circ 49')$

Julius: $T_n = 26{,}0558 + 4{,}391 \sin (n \cdot 15^\circ + 65^\circ 23') + 0{,}5066 \sin (n \cdot 30^\circ + 98^\circ 19') + 0{,}5319 \sin (n \cdot 45^\circ + 252^\circ 47')$

---

36) In der von Schouw gegebenen Tafel scheinen einige Druckfehler im März zu seyn; es ist nämlich die Temperatur 5°,40 um 19h; 6°,91 um 20h; 6°,97 um 21h; 8°,77 um 22h; 8°,82 um 23h. Hier scheinen die Zahlen um 20 Uhr und 22 Uhr zu groß. Ich habe aus diesem Grunde die Constanten zweimal bestimmt, indem ich mich bei der zweiten Rechnung der durch die erste gefundenen Thermometerstände 6°,47 und 8°,24 in diesen Momenten bediente.

August: $T_n = 22{,}7929 + 4{,}272 \sin (n . 15^\circ + 56^\circ 9')$
$+ 0{,}7862 \sin (n . 30^\circ + 76^\circ 9')$
$+ 0{,}4988 \sin (n . 45^\circ + 234^\circ 12')$

September: $T_n = 18{,}3792 + 3{,}025 \sin (n . 15^\circ + 48^\circ 44')$
$+ 0{,}7699 \sin (n . 30^\circ + 81^\circ 17')$
$+ 0{,}1580 \sin (n . 45^\circ + 249^\circ 5')$

October: $T_n = 14{,}9258 + 2{,}013 \sin (n . 15^\circ + 47^\circ 20')$
$+ 0{,}6517 \sin (n . 30^\circ + 50^\circ 43')$
$+ 0{,}0533 \sin (n . 45^\circ + 258^\circ 3')$

November: $T_n = 7{,}7392 + 2{,}143 \sin (n . 15^\circ + 56^\circ 44')$
$+ 0{,}9282 \sin (n . 30^\circ + 60^\circ 15')$
$+ 0{,}1866 \sin (n . 45^\circ + 60^\circ 15')$

December: $T_n = 3{,}8442 + 1{,}693 \sin (n . 15^\circ + 48^\circ 46')$
$+ 0{,}6807 \sin (n . 30^\circ + 51^\circ 45')$
$+ 0{,}2337 \sin (n . 45^\circ + 57^\circ 1')$

Folgende Tafel enthält die nach diesen Formeln berechneten

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Junius
Mittag	5°,01	6°,42	9°,44	14°,72	23°,27	24°,92
1	5,46	6,85	9,81	15,08	23,54	25,13
2	5,61	6,96	9,96	15,42	23,68	25,25
3	5,49	6,80	9,93	15,61	23,63	25,20
4	5,19	6,51	9,77	15,64	23,27	24,83
5	4,81	6,19	9,50	15,45	22,58	24,11
6	4,44	5,91	9,13	15,02	21,60	23,11
7	4,12	5,65	8,69	14,43	20,53	22,00
8	3,86	5,39	8,22	13,71	19,55	21,04
9	3,64	5,09	7,78	13,07	18,78	20,32
10	3,46	4,79	7,41	12,38	18,24	19,89
11	3,31	4,50	7,13	12,24	17,84	19,62
Mitternacht	3,18	4,27	6,89	11,97	17,44	19,39
13	3,08	4,10	6,63	11,63	16,95	19,09
14	2,97	3,94	6,30	11,28	16,45	18,78
15	2,83	3,75	5,91	10,83	16,09	18,60
16	2,63	3,48	5,53	10,44	16,09	18,74
17	2,40	3,18	5,28	10,25	16,59	19,32
18	2,22	2,96	5,28	10,41	17,57	20,29
19	2,19	2,95	5,61	10,96	18,85	21,48
20	2,40	3,27	6,26	11,71	20,19	22,63
21	2,88	3,91	7,11	12,61	21,37	23,58
22	2,57	4,78	8,02	13,46	22,26	24,24
23	4,34	5,68	8,83	14,17	22,87	24,65

Es ist nicht möglich, daß ein einziger Beobachter diese Untersuchung ganz durchführen könne[37]); Brewster ließ daher den Stand des Thermometers während der Jahre 1824 und 1825 im Fort Leith bei Edinburgh durch das Militär aufzeichnen; mit

37) Hr. Hofrath Brandes in Salzuffeln hat mit mehreren Gehülfen Beobachtungen acht Monate hindurch stündlich gemacht und in den übrigen Monaten fehlen nur einige Nachtbeobachtungen, jedoch ist diese Arbeit noch nicht bekannt gemacht.

Temperaturen in den einzelnen Monaten.

Stunde	Julius	August	Septbr.	October	Novemb.	Decbr.
Mittag	30°,04	26°,70	21°,27	16°,86	10°,48	5°,85
1	30,31	27,10	21,66	17,31	10,88	5,26
2	30,46	27,30	21,77	17,49	10,79	5,26
3	30,35	27,24	21,58	17,38	10,28	5,91
4	29,83	26,81	21,11	17,01	9,52	5,35
5	28,86	25,93	20,44	16,44	8,72	4,77
6	27,54	24,70	19,67	15,80	8,03	4,30
7	26,14	23,34	18,94	15,19	7,53	3,97
8	24,95	22,14	18,34	14,81	7,20	3,74
9	24,13	21,30	17,92	14,38	6,99	3,54
10	23,67	20,85	17,63	14,21	6,83	3,33
11	23,39	20,63	17,36	14,11	6,70	3,11
Mitternacht	23,07	20,41	17,01	14,00	6,57	2,91
13	22,59	20,00	16,53	13,83	6,45	2,77
14	22,03	19,36	15,95	13,58	6,33	2,69
15	21,62	18,70	15,41	13,30	6,18	2,62
16	21,65	18,33	15,09	13,06	6,02	2,53
17	22,31	18,51	15,12	12,95	5,88	2,41
18	23,57	19,36	15,57	13,05	5,87	2,32
19	25,17	20,74	16,39	13,38	6,09	2,37
20	26,79	22,37	17,45	13,92	6,63	2,66
21	28,13	23,93	18,60	14,64	7,50	2,31
22	29,07	25,12	19,69	15,43	8,58	4,16
23	29,66	26,10	20,59	16,20	9,65	5,09

der größten Bereitwilligkeit unterzogen sich die Offiziere der Artillerie dieser eben so verdienstlichen als mühsamen Arbeit. Die von Brewster in Graden der Fahrenheit'schen Scale gegebenen Größen [38]) habe ich in Grade des hunderttheiligen Thermometers verwandelt [39]) und darnach folgende Größen erhalten:

38) Edinburh Journal of Science Nr. IX, Junius 1826. p. 18.

39) Schweigger Jahrbuch N. R. XVII, 428.

Gang der täglichen

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Junius
Mitternacht	4°,79	4°,18	4°,04	6°,34	8°,62	11°,77
1	4,79	4,26	3,86	6,16	8,22	11,44
2	4,66	4,31	3,74	5,65	7,99	11,25
3	4,62	4,32	3,50	5,29	7,71	11,18
4	4,48	4,22	3,40	4,88	7,46	11,05
5	4,41	4,09	3,31	4,78	7,53	11,07
6	4,41	4,02	3,29	4,85	7,96	11,57
7	4,46	4,05	3,47	5,90	8,44	12,01
8	4,51	4,04	3,84	6,62	9,14	12,65
9	4,66	4,31	4,30	7,98	9,85	13,36
10	4,91	4,78	4,74	8,94	10,50	13,98
11	5,19	5,28	5,51	9,50	11,02	14,53
Mittag	5,57	5,68	6,29	10,01	11,43	14,81
1	5,70	5,99	6,49	10,25	11,77	15,01
2	5,88	5,98	6,67	10,45	12,01	15,39
3	5,89	6,00	6,71	10,66	12,05	15,68
4	5,66	5,70	6,69	10,49	12,23	15,45
5	5,38	5,27	6,42	10,19	12,15	15,32
6	5,25	5,00	6,03	9,96	11,86	15,08
7	5,05	4,79	5,49	9,19	11,36	14,66
8	4,93	4,57	5,09	8,28	10,56	13,70
9	4,88	4,40	4,70	7,62	9,73	12,98
10	4,90	4,25	4,41	7,23	9,44	12,21
11	4,83	4,19	4,12	6,62	8,97	12,06
Mittel	5,00	4,74	4,84	7,83	9,91	13,26

Um auch hier die etwanigen Unregelmäßigkeiten zu entfernen, habe ich die Constanten der obigen Gleichung aufgesucht und dadurch für die einzelnen Monate folgende Größen erhalten:

$$\text{Januar: } T_n = 4{,}9958 + 0{,}5896 \sin(n.15^\circ + 38^\circ\,15') + 0{,}2350 \sin(n.30^\circ + 30^\circ\,58') + 0{,}0640 \sin(n.45^\circ + 357^\circ\,48')$$

Wärme im Fort Leith.

Stunde	Julius	August	Septbr.	October	Novbr.	Decbr.	Jahr
Mittern.	13°,79	13°,06	12°,28	8°,71	4°,28	3°,93	8°,00
1	13,43	12,96	12,13	8,93	4,37	3,86	7,85
2	13,33	12,82	12,00	8,88	4,22	3,90	7,74
2	13,11	12,66	11,72	8,82	4,30	3,92	7,60
4	12,86	12,54	11,51	8,80	4,26	3,87	7,47
5	13,15	12,57	11,44	8,64	4,31	3,84	7,44
6	13,73	12,79	11,59	8,41	4,36	3,93	7,58
7	14,38	13,35	12,02	8,64	4,48	3,89	7,93
8	15,06	14,00	12,73	9,00	4,50	3,96	8,35
9	15,83	14,88	13,62	9,37	4,76	4,09	8,92
10	16,46	15,30	14,15	10,00	5,26	4,27	9,45
11	16,95	15,72	14,77	10,49	5,81	4,73	9,97
Mittag	17,69	16,26	15,28	10,85	6,16	5,00	10,43
1	17,74	16,51	15,72	11,09	6,35	5,10	10,67
2	17,96	16,62	15,91	11,12	6,50	5,12	10,82
3	18,13	16,62	15,85	10,96	6,53	4,88	10,85
4	18,17	16,75	15,52	10,63	6,01	4,72	10,69
5	18,24	16,69	15,51	10,27	5,64	4,54	10,48
6	18,15	16,52	14,81	9,86	5,44	4,41	10,16
7	17,69	15,54	14,08	9,52	5,21	4,16	9,75
8	16,42	14,83	13,63	9,22	5,04	4,10	9,24
9	15,46	14,27	13,22	9,14	4,90	4,06	8,79
10	14,75	13,72	12,85	8,90	4,63	4,03	8,49
11	14,30	13,36	12,62	8,65	4,41	3,96	8,22
Mittel	15,70	14,60	13,54	9,54	5,07	4,26	9,04

Februar: $T_n = 4{,}7400 + 0{,}8732 \sin(n.15^\circ + 48^\circ 55') + 0{,}4358 \sin(n.30^\circ + 29^\circ 12') + 0{,}0994 \sin(n.45^\circ + 61^\circ 51')$

März: $T_n = 4{,}8417 + 1{,}6643 \sin(n.15^\circ + 38^\circ 1') + 0{,}3915 \sin(n.30^\circ + 30^\circ 32') + 0{,}0238 \sin(n.45^\circ + 125^\circ 52')$

April: $T_n = 7,8267 + 2,8229 \sin(n.15^\circ + 41^\circ 55')$
$+ 0,3135 \sin(n.30^\circ + 78^\circ 0')$
$+ 0,3216 \sin(n.45^\circ + 192^\circ 9')$

Mai: $T_n = 9,9167 + 2,3180 \sin(n.15^\circ + 40^\circ 2')$
$+ 0,0782 \sin(n.30^\circ + 90^\circ 36')$
$+ 0,2244 \sin(n.45^\circ + 214^\circ 15')$

Junius: $T_n = 13,2589 + 2,2871 \sin(n.15 + 45^\circ 23')$
$+ 0,0696 \sin(n.30^\circ + 353^\circ 33')$
$+ 0,2024 \sin(n.45^\circ + 194^\circ 49')$

Julius: $T_n = 15,6992 + 2,6706 \sin(n.15^\circ + 44^\circ 14')$
$+ 0,0980 \sin(n.30^\circ + 230^\circ 21')$
$+ 0,2482 \sin(n.45^\circ + 187^\circ 18')$

August: $T_n = 14,5975 + 1,2785 \sin(n.15^\circ + 46^\circ 34')$
$+ 0,1147 \sin(n.30^\circ + 22^\circ 29')$
$+ 0,2355 \sin(n.45^\circ + 192^\circ 12')$

Septbr.: $T_n = 13,5400 + 2,1247 \sin(n.15^\circ + 45^\circ 59')$
$+ 0,3922 \sin(n.30^\circ + 54^\circ 12')$
$+ 0,1205 \sin(n.45^\circ + 206^\circ 58')$

October: $T_n = 9,5375 + 1,1515 \sin(n.15^\circ + 56^\circ 52')$
$+ 0,5301 \sin(n.30^\circ + 50^\circ 2')$
$+ 0,1071 \sin(n.45^\circ + 116^\circ 19')$

November: $T_n = 5,0721 + 1,0468 \sin(n.15^\circ + 52^\circ 2')$
$+ 0,3018 \sin(n.30^\circ + 36^\circ 44')$
$+ 0,1383 \sin(n.45^\circ + 44^\circ 14')$

Decbr.: $T_n = 4,2613 + 0,5408 \sin(n.15^\circ + 56^\circ 59')$
$+ 0,2714 \sin(n.30^\circ + 49^\circ 5')$
$+ 0,0890 \sin(n.45^\circ + 46^\circ 40')$

Für das ganze Jahr wird der Ausdruck

$$T_n = 9{,}0218 + 1{,}6842 \sin (n.\,15^\circ + 44^\circ 43') + 0{,}2400 \sin (n.\,30^\circ + 44^\circ 43') + 0{,}0782 \sin (n.\,45^\circ + 175^\circ 11')$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler

$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ{,}0137.$$

Um zu zeigen, wie weit die beobachteten Größen mit den berechneten übereinstimmen, will ich in folgender Tafel beide für das Mittel des Jahres zusammenstellen.

Stunde	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Stunde	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
0	10°,43	10°,40	—0°,03	12	8°,00	8°,01	+0°,01
1	10,67	10,67	0	13	7,85	7,86	+0,01
2	10,82	10,82	0	14	7,74	7,72	—0,02
3	10,85	10,83	—0,02	15	7,60	7,58	—0,02
4	10,69	10,72	+0,03	16	7,47	7,48	+0,01
5	10,48	10,49	+0,01	17	7,44	7,46	+0,02
6	10,16	10,14	—0,02	18	7,58	7,59	+0,01
7	9,75	9,71	—0,04	19	7,93	7,90	—0,03
8	9,24	9,25	+0,01	20	8,35	8,35	0
9	8,79	8,82	+0,03	21	8,92	8,91	—0,01
10	8,49	8,47	—0,02	22	9,45	9,48	+0,03
11	8,22	8,20	—0,02	23	9,97	9,99	+0,02

Die folgende Tafel enthält die berechneten mittleren Tem-

Stunde	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Junius
Mittag	5°,48	5°,70	6°,08	9°,95	11°,36	14°,83
1	5,72	5,99	6,52	10,22	11,66	15,10
2	5,84	6,08	6,76	10,40	11,95	15,33
3	5,83	5,96	6,81	10,54	12,18	15,51
4	5,69	5,70	6,66	10,56	12,29	15,58
5	5,49	5,38	6,37	10,38	12,17	15,45
6	5,27	5,05	5,97	9,94	11,80	15,07
7	5,08	4,78	5,52	9,26	11,22	14,47
8	4,98	4,56	5,09	8,43	10,54	13,73
9	4,90	4,40	4,71	7,64	9,90	13,00
10	4,86	4,28	4,40	7,03	9,37	12,39
11	4,81	4,22	4,17	6,61	8,96	11,97
Mittern.	4,75	4,21	4,00	6,32	8,63	11,67
13	4,69	4,23	3,85	6,03	8,30	11,47
14	4,62	4,27	3,70	5,67	7,96	11,30
15	4,57	4,28	3,55	5,25	7,65	11,14
16	4,52	4,22	3,41	4,90	7,47	11,07
17	4,49	4,12	3,31	5,81	7,53	11,15
18	4,47	4,00	3,32	5,10	7,88	11,46
19	4,48	3,95	3,48	5,81	8,48	11,99
20	4,55	4,05	3,81	6,81	9,21	12,68
21	4,68	4,32	4,30	7,88	9,94	13,38
22	4,90	4,75	4,90	8,82	10,55	14,00
23	5,19	5,25	5,52	9,51	11,01	14,46

Es ist mir aus höheren Breiten nur noch eine einzige Beobachtungsreihe bekannt, in welcher die Wärme mehrmals am Tage aufgezeichnet ist. Es ist dieses diejenige, welche Neuber in Apenrade anstellte[40]). Das Thermometer hängt frei an einem Hause gegen NNW, 1 Fuß von der Wand abstehend, 24 Fuß 5 Zoll über der Straße und 34 Fuß 2 Zoll über dem mittleren Stande der Ostsee. Die Beobachtungsstunden waren 7, 9, 11 Uhr Morgens, 12 Uhr Mittags, 1, 3, 5, 7, 9, 11 Uhr Abends,

40) Schouw vergleichende Klimatologie I. S. 118.

peraturen der einzelnen Monate.

Stunde	Julius	August	Sept.	Octbr.	Nov.	Dec.
Mittag	17°,46	16°,17	15°,33	11°,00	6°,17	4°,98
1	17,70	16,41	15,67	11,18	6,45	5,13
2	17,93	16,60	15,85	11,14	6,51	5,12
3	18,16	16,75	15,85	10,90	6,35	4,97
4	18,30	16,80	15,68	10,56	6,06	4,73
5	18,26	16,67	15,32	10,18	5,73	4,48
6	17,93	16,28	14,80	9,81	5,44	4,29
7	17,31	15,67	14,22	9,46	5,20	4,16
8	16,48	14,94	13,64	9,20	5,01	4,10
9	15,60	14,23	13,16	8,99	4,84	4,06
10	14,81	13,68	12,81	8,88	4,66	4,03
11	14,21	13,31	12,57	8,85	4,48	3,99
Mittern.	13,79	13,11	12,38	8,88	4,33	3,95
13	13,50	12,97	12,19	8,93	4,25	3,92
14	13,28	12,82	11,94	8,93	4,24	3,92
15	13,12	12,65	11,68	8,85	4,27	3,92
16	13,06	12,53	11,48	8,70	4,32	3,90
17	13,21	12,56	11,44	8,53	4,34	3,86
18	13,61	12,83	11,64	8,45	4,35	3,82
19	14,28	13,34	12,08	8,56	4,39	3,82
20	15,10	14,03	12,72	8,88	4,53	3,91
21	15,92	14,74	13,46	9,40	4,82	4,11
22	16,62	15,38	14,19	10,01	5,25	4,39
23	17,12	15,85	14,83	10,59	5,74	4,71

und nur in den Wintermonaten wurde die erste Morgenbeobachtung um etwa 7½ Uhr, die letzte Abendbeobachtung um 11½ Uhr angestellt. Für die Zeit vom 1sten Junius 1822 bis zum 3ten Mai 1823 theilt Schouw die Resultate mit dem Bemerken mit, daß für die folgenden Jahre die Originalbeobachtungen auf Kosten der Gesellschaft der Wissenschaften herausgegeben werden sollen; ob dieses aber geschehen sey, ist mir zur Zeit noch unbekannt. Für jenes erste Jahr sind die Mittel folgende:

Gang der täglichen Wärme in Apenrade.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius
7 h Morg.	—6°,64	—1°,84	0°,75	3°,76	11°,01	16°,15
9	—5,58	—1,31	1,95	5,74	12,36	18,76
11	—4,41	—0,51	3,29	7,47	14,00	20,61
Mittag	—4,09	—0,25	3,66	8,01	14,26	21,01
1 Ab.	—4,00	—0,19	3,96	7,94	14,68	21,35
3	—4,26	—0,49	3,76	8,27	14,69	21,67
5	—4,84	—1,42	2,91	7,83	13,89	21,42
7	—4,82	—1,46	1,70	4,91	11,95	19,10
9	—4,82	—1,52	1,39	3,23	8,75	15,00
11	—4,70	—1,61	1,24	2,57	7,56	12,66

Stunde	Julius	August	Septbr.	October	Novbr.	Decbr.
7 h Morg.	17°,08	15°,96	11°,53	10°,21	7°,23	1°,30
9	18,45	18,20	14,40	11,56	7,86	1,49
11	19,51	19,79	15,99	13,22	9,07	2,50
Mittag	19,83	19,91	16,27	13,77	9,50	2,93
1 Ab.	20,24	20,31	16,66	14,49	9,77	3,12
3	19,96	20,06	16,71	13,85	9,33	2,65
5	20,00	19,49	16,00	12,51	8,60	1,86
7	18,30	17,21	13,24	11,64	8,39	1,51
9	16,49	14,81	11,54	11,04	8,12	1,44
11	15,14	13,76	10,66	10,55	7,81	1,30

Man könnte auch für diese Messungen eben so wie für die obigen einen allgemeinen Ausdruck entwickeln, die mitgetheilten Größen zeigen aber noch so viele Anomalien, daß es zweckmäßiger scheint, erst die folgenden Jahrgänge zu erwarten, um mit Hülfe so weniger Coordinaten die Curve zu construiren.

Bis jetzt bilden also die Beobachtungen in Padua und Leith die einzige Basis aller Arbeiten, welche wir über den Gang der täglichen Wärme in mittleren Breiten unternehmen wollen. So wünschenswerth es auch wäre, Messungen dieser Art von mehreren Punkten der Erde zu erhalten, so ist begreiflich, daß diese ein einziger isolirter Beobachter nicht während des Tages und der Nacht vornehmen kann; sollen aber die Constanten der Formel nur durch Messungen am Tage bestimmt werden, so sind dazu mehrjährige Aufzeichnungen des Thermometerstandes erforderlich.

In

In Christiania haben es die Officiere ebenfalls übernommen, stündliche Beobachtungen des Thermometers anzustellen [41]), bis jetzt aber hat Hansteen nur die Messungen im Januar, Februar und Julius 1827 bekannt gemacht [42]).

Beobachtungen, welche Bento Sanchez Dorta im Jahre 1785 zu Rio Janeiro anstellte [43]), standen mir nicht zu Gebote und ich kann aus niederen Breiten nur die Messungen benutzen, welche Horner und Langsdorff vom 16ten August bis zum 8ten Mai und hierauf vom 19ten Mai bis zum 25sten Junius zwischen den Wendekreisen auf dem großen Ocean machten [44]). Nehmen wir das Mittel aus diesen Beobachtungen, so lassen sich dieselben durch folgenden Ausdruck darstellen:

$$T_n = 26^\circ{,}3125 + 0{,}3794 \sin(n.15^\circ + 51^\circ 57') + 0{,}1375 \sin(n.30^\circ + 99^\circ 54') + 0{,}0116 \sin(n.45^\circ + 277^\circ 37')$$

Die folgende Tafel enthält die Zusammenstellung der beobachteten und berechneten Größen:

Stunde	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Stunde	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
0	26°,73	26°,73	0	12	26°,12	26°,16	+0°,04
1	26,77	26,76	−0,01	13	26,09	26,08	−0,01
2	26,72	26,74	+0,02	14	25,93	25,98	+0,05
3	26,66	26,67	+0,01	15	25,94	25,90	−0,04
4	26,61	26,59	−0,02	16	25,91	25,86	−0,05
5	26,53	26,49	−0,04	17	25,88	25,87	−0,01
6	26,38	26,41	+0,03	18	25,93	25,94	+0,01
7	26,30	26,35	+0,05	19	26,05	26,07	+0,02
8	26,28	26,31	+0,03	20	26,24	26,22	−0,02
9	26,33	26,28	−0,05	21	26,38	26,39	+0,01
10	26,30	26,26	−0,04	22	26,57	26,54	−0,03
11	26,21	26,22	+0,01	23	26,63	26,66	+0,03

Wie man aus den für Padua und Leith gegebenen Tafeln ersieht, so findet die kleinste Temperatur gegen Morgen Statt, hierauf steigt dieselbe bis sie einige Stunden nach der Culmina-

41) Magazin for Naturvidenskaberne VII, 373.

42) Ibid. Bd. VIII, p. 333.

43) Schouw vergleichende Klimatologie I, 134.

44) Krusenstern Reise III, Anhang.

tion am größten wird, und sinkt hierauf wieder bis zum folgenden Morgen. Betrachten wir den Durchschnitt des ganzen Jahres, so findet das Minimum Statt

in Padua um $16^h,3$, also $1^h,7$ vor Aufgang der Sonne;
in Leith um 16,6, also 1,4 vor Aufgang der Sonne.

Wird daraus die Tiefe berechnet, welche die Sonne zur Zeit des Minimums unter dem Horizonte hat, so ergiebt sich daraus für Padua 17°24′, für Leith 11°18′. Jedenfalls scheint mir die letztere Größe als auf einer längeren Beobachtungsreihe beruhend, richtiger zu seyn [45]).

In der Nacht erkaltet die Erde, und dieser Vorgang dauert so lange fort, bis die Sonne aufs Neue ihre Einwirkung äußert. Hat dieselbe eine Tiefe von 11° unter dem Horizonte, so werden die oberen Schichten der Atmosphäre am östlichen Himmel bereits von den Sonnenstrahlen erleuchtet, es zeigt sich ein helles Segment, dessen Scheitel eine Höhe von etwa 6° hat [46]); indem von diesem das Licht gegen die unteren Regionen der Atmosphäre reflectirt wird, nimmt mit der Erleuchtung zugleich die Wärme zu und das Thermometer beginnt nun aufs Neue zu steigen.

Zuweilen kann es allerdings geschehen, daß das Thermometer von dem Anfange der Dämmerung bis zum Aufgange der Sonne noch bedeutend sinkt, aber dieses sind Sprünge, wie wir sie zu allen Tageszeiten finden, ohne daß wir diese als Regel ansehen dürfen. Es scheint indessen, als ob mehr diese starken Bewegungen bei Erklärung des Phänomenes beachtet worden sind, und mehrere Physiker suchen daher vorzugsweise diese schnelle Abnahme der Temperatur (eine halbe bis eine Stunde vor Aufgang der Sonne nach Miles [47]) zu erklären. Humboldt scheint geneigt, diese Kälte von der Verdunstung abzuleiten,

45) In Schweigger's Jahrbuch N. R. XVIII, 33, wo ich die unmittelbar beobachteten Größen nahm und das Intervall zwischen der Stunde, wo Chiminello oder Brewster das Minimum angeben und dem Aufgange der Sonne zum Grunde legte, finde ich etwas abweichende Größen.

46) Lambert Photometria p. 449. S. Dämmerung.

47) Philos. Trans. for 1753. p. 526.

welche durch die ersten in der Atmosphäre gebeugten Sonnenstrahlen bedingt wird [48]). Da jedoch auch vorher die Verdunstung nicht ganz aufgehört hat, so scheint es mir wenig wahrscheinlich, daß die Menge des verdunsteten Wassers so schnell zunehmen könne, ohne daß zugleich die Temperatur des verdunstenden Körpers stiege. Wahlenberg [49]) glaubt, daß jene Erkaltung zur Zeit des Sonnenaufganges davon herrühre, daß die Sonnenstrahlen den oberen Theil der Atmosphäre, welchen sie schon lange berührt haben, vorzugsweise erwärmen und daher alle Wärme dahin ziehen. Mir wenigstens scheint es wahrscheinlich, fährt derselbe fort, daß die Sonnenstrahlen die Luft mehr erwärmen, wenn sie schief durch die Atmosphäre dringen, also längere Zeit in der dichteren Luft der niederen Regionen der Atmosphäre verweilen. Bei dieser Hypothese, welche mit der von Kastner [50]), wornach die an der Erde schief vorbeifahrenden Sonnenstrahlen der Erdluft und damit der Erde selbst Wärme entführen, einige Aehnlichkeit hat, stützt sich der Verfasser auf einige Versuche von Saussure, wornach der Unterschied zwischen einem im Schatten und in der Sonne hängenden Thermometer desto bedeutender wurde, je niedriger die Sonne stand. Aber die Frage ist, ob die mir unbekannten Messungen Saussure's nicht zu Zeiten angestellt wurden, wo der Gang der Witterung ein ungewöhnlicher war; wenigstens scheint der innere Bau der Bäume auf den Alpen gegen die Allgemeinheit von Saussure's Beobachtung zu sprechen [51]), und schon Wargentin macht darauf aufmerksam [52]), daß Körper durch ein Brennglas bei hohem Stande der Sonne weit leichter entzündet würden, als bei niedrigem, wo der Weg durch die Luft weit größer sey, und Lambert [53]), welcher ganz das Gegentheil von Saussure fand, benutzt seine

48) Humboldt Voyage XI, 17. VI, 80.

49) Wahlenberg de Vegetat. et Clim. in Helvet. septentr. p. LXXXVI.

50) Kastner Handbuch der Meteorologie I, 257 u. 233.

51) Scheuchzer Natur-Historie des Schweizerlandes III, 3.

52) Schwed. Abh. für 1757, XIX, 164.

53) Photometria p. 397. Die Versuche selbst werden in der Pyrometrie mitgetheilt.

in Chur angestellten Beobachtungen, um die Durchsichtigkeit der Atmosphäre daraus abzuleiten.

Mayer[54]) glaubt, daß diese Erkaltung durch die Wärmecapacität erklärt werden könne; wenn nämlich des Morgens die obere Luft anfängt von den Strahlen der Sonne getroffen zu werden, vermehrt sich ihre Wärmecapacität durch die hieraus folgende Ausdehnung, und die Wärme muß daher von den tiefern, noch nicht von der Sonne getroffenen Luftschichten schneller in die Höhe steigen, um die vermehrte Wärmecapacität der oberen Schichten zu sättigen, wodurch nothwendig die Kälte unten zunimmt, bis nach dem Aufgange der Sonne selbst diese die Erde aufs Neue erwärmt.

Alle diese Hypothesen suchen mehr eine schnelle, im Durchschnitte nicht Statt findende Abnahme der Wärme kurz vor dem Aufgange der Sonne zu erklären. Jedoch auch dann, wenn sich eine solche zeigt, dürfen wir unsere Zuflucht nicht zu künstlichen Hypothesen nehmen[55]). Wir werden in der Folge die wichtige Rolle kennen lernen, welche Nebel und niedergeschlagene Dämpfe bei der Wärmestrahlung spielen. Wenn in der Nacht Nebelbläschen in der Atmosphäre schweben, so verzögern diese die Erkaltung; werden am Morgen diese Nebel der oberen Regionen von den Sonnenstrahlen getroffen, so lösen sie sich auf, die Strahlung erfolgt lebhafter, und dann kann es wohl geschehen, daß die Temperatur bei heiterem Wetter noch während der Dämmerung bedeutend sinkt.

Wie groß die Tiefe der Sonne zur Zeit des Minimums zwischen den Wendekreisen sey, darüber fehlt es uns noch an umfassenden Messungen. Die Beobachtungen von Horner geben sehr nahe die oben mitgetheilte Größe; da aber die Oscillationen nach dem Mittel dieser Aufzeichnungen sehr klein sind, so werden unbedeutende Fehler beim Ablesen des Instrumentes großen Einfluß auf dieses Phänomen ausüben. Ich vermuthe, daß die Tiefe der Sonne im Innern der Continente wenigstens in der Nähe des Aequators weit geringer sey, als in höheren Breiten.

---

54) Mayer Lehrb. der phys. Astr. S. 164. §. 134 bei Kastner Meteorol. I, 335.

55) Schweigger Jahrb. N. R. XVIII, 41.

Von dem Aufgange der Sonne steigt die Wärme Anfangs langsamer, späterhin schneller, worauf einige Stunden nach der Culmination das Maximum eintritt, in dessen Nähe sich das Thermometer nur sehr wenig ändert. Nach dem jährlichen Mittel findet dieses Maximum Statt

in Padua um 2 Uhr

in Leith um 2,6 Uhr.

Mehr als eine halbe Stunde später tritt also das Minimum in Leith ein, als dieses in Padua der Fall ist, und dieses zeigen fast alle einzelnen Monate. Die oben mitgetheilten Ausdrücke geben nämlich für die Zeit des Maximums folgende Größen:

Monat	Padua	Leith
Januar	$2^h,1$	$2^h,4$
Februar	1,8	1,9
März	2,4	2,6
April	3,5	3,6
Mai	2,3	3,8
Junius	2,3	3,7
Julius	2,2	4,1
August	2,3	3,7
September	1,9	2,5
October	2,1	1,4
November	1,3	1,7
December	1,5	1,4

Uebereinstimmend zeigen also die Beobachtungen in Padua und Leith, daß das Maximum im Sommer etwas später eintritt als im Winter, aber das frühere Eintreffen desselben in Padua ist ganz allgemein. Da Leith nördlicher liegt als Padua, so waren es vielleicht Beobachtungen dieser Art, durch welche Kirwan zu der Behauptung geführt wurde [56]), daß die größte

56) Kirwan Physisch-chemische Schriften von Crell. 8. Berlin 1783. Th. III. S. 140. Lindenau in v. Zach's monatlicher Correspondenz (XV, 61) findet dagegen durch seine Formeln zwischen dem Aequator und einer Breite von 60° Unterschiede von nur wenigen Minuten.

Hitze zwischen 60° und 45° N um $2\frac{1}{2}^h$, zwischen 45° und 35° um 2 Uhr, zwischen 35° und 25° um $1\frac{1}{2}$ Uhr, und zwischen 25° und dem Aequator um 1 Uhr erfolge. Die Beobachtungen von Horner zeigen allerdings, daß in der Nähe des Aequators das Maximum nach 1 Uhr Statt finde, und eben so fand John Davy, daß das Maximum zur Zeit des Mittags eintrete [57]); es scheint mir jedoch voreilig, jetzt schon eine Abhängigkeit dieser Zeit von der Breite annehmen zu wollen. Die Differenzen, welche sich bei Padua und Leith zeigen, scheinen ihren Grund vielmehr in dem verschiedenen Dampfgehalte beider Atmosphären zu haben; außerdem bemerkte Humboldt, daß in Südamerica das Maximum um etwa 2 Uhr eintrat [58]), und eben dieses war im Junius und Julius der Fall auf dem atlantischen Meere [59]). Nur an manchen Orten zwischen den Wendekreisen sind Localverhältnisse Ursache, daß das Maximum früher eintritt; so findet dasselbe in Pondichery im Februar und März zwischen 9 Uhr und 11 Uhr Morgens Statt [60]), um diese Zeit aber erhebt sich der kühle Seewind, welcher das Thermometer sogleich um 2° deprimirt. Und ganz etwas Aehnliches gilt nach den Bemerkungen von Falbe in Tunis [61]).

Wenn die Sonne am Morgen höher steigt, so wird der Sinus ihrer Höhe in jedem Momente größer, der Weg durch die Licht und Wärme absorbirende Luft kürzer, und beide Ursachen heben daher die Temperatur. So sollte das Maximum in dem Momente der Culmination eintreten. Aber ein Theil der Wärme, welche der Boden erhielt, drang durch Leitung ins Innere der oberen Erdrinde, dadurch stieg seine Temperatur. Wenn nun die Sonne nach dem Durchgange durch den Meridian zu sinken beginnt, ist die Höhendifferenz anfänglich klein, die Luft erhält in jedem Momente neue Wärme und die Strahlung des erhitzten Bodens erhebt die Temperatur noch mehr, so daß mehrere Stunden vergehen, ehe die Wärme zu sinken anfängt.

---

57) Gilbert's Annalen LXVI, 117.

58) Humboldt Voyage III, 69.

59) Humboldt Voyage II, 64.

60) le Gentil Voyage I, 484.

61) Poggendorff's Annalen XIV, 627.

Der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur während des Tages ist nicht zu allen Jahreszeiten gleich; er ist in unseren Breiten am kleinsten im Winter, am größten im Sommer. Folgende Tafel enthält die gefundenen Größen: [62])

Monat	Padua	Leith
Januar	3°,45	1°,47
Februar	4,00	1,96
März	4,75	3,38
April	5,23	5,67
Mai	7,60	4,55
Junius	6,67	4,34
Julius	9,39	5,10
August	8,96	4,08
September	6,88	4,47
October	4,49	2,71
November	5,17	2,24
December	4,11	1,28
Jahr	5,89	3,44

Nach dem, was wir oben über den Einfluß der Höhe des Instrumentes auf seine Angaben gesehen haben, wird es begreiflich, daß dieses Element eine wichtige Rolle bei diesem Phänomene spielt, und wir dürfen uns daher dieser Differenzen nur mit großer Vorsicht bei Vergleichung der Klimate bedienen. Dazu kommt noch der Umstand, daß dieses Element auf eine sehr verschiedene Art bestimmt wird. Das sicherste Verfahren dieses zu erhalten würden unstreitig directe Messungen seyn, welche etwa eine Stunde vor dem Aufgange und zwei Stunden nach der Culmination der Sonne gemacht würden. Aber gewöhnlich bedient man sich dazu der Thermometrographen; man zeichnet den Grad auf, bei welchem die Marken zur Zeit der größten und kleinsten Wärme während des Tages stehen geblieben sind; da aber die Extreme bei unregelmäßigen Zuständen der Witterung häufig

62) Ueber die Ursachen dieses Einflusses der Jahreszeiten s. 5ter Abschnitt.

nicht zu den angegebenen Zeiten eintreten, so wird begreiflich, daß directe Beobachtungen stets eine geringere Differenz zeigen werden, als Thermometrographen. Bis jetzt fehlt es noch an gleichzeitigen Messungen, welche den Einfluß dieses Umstandes angeben. Neunjährige Beobachtungen in Paris zeigen, daß das Mittel der wirklichen Maxima um 0°,54 größer ist, als die um 3 Uhr beobachtete Wärme [63]); nehmen wir an, daß eben dieses für das Minimum gilt, und beachten, daß 7°,15 die mittlere Differenz zwischen den mit dem Thermometrographen gefundenen Extremen ist, so erhalten wir $\frac{0,54}{7,14} = \frac{1}{14}$ für den Theil der Differenz, welchen man zum Minimum addiren und vom Maximum subtrahiren muß, wenn man die Temperaturen zur kältesten und wärmsten Stunde des Tages erhalten will. Nach den Genfer Beobachtungen in den Jahren 1819 — 1823 [64]) betrug die Differenz zwischen den um 2 Uhr und beim Aufgange der Sonne gefundenen Größen 7°,01; in den Beobachtungen von 1826 und 1827 gab ein Thermometrograph für diesen Unterschied 10°,22; wir erhalten also $\frac{1,6}{10,22} = \frac{1}{6,7}$ für die an jeder Beobachtung vorzunehmende Correction. In Pavia [65]) betrugen im Jahr 1826 die um 3 Uhr und beim Aufgange der Sonne beobachteten Größen 16°,02 und 4°,94; die mit einem Thermometrographen gefundenen 17°,11 und 4°,28, jene Differenz beträgt 11°,08, diese 12°,83, und mithin ist $\frac{0,88}{12,83} = \frac{1}{14}$ sehr nahe die Größe, um welche das mit dem Thermometrographen erhaltene Extrem von dem zur Zeit der größten oder kleinsten Tageswärme gefundenen abweicht. Nehmen wir das Mittel dieser drei Größen, so erhalten wir nahe $\frac{1}{12}$, und ich glaube hiernach folgende Regel aufstellen zu dürfen. Wenn an einem Orte die Extreme mit einem Thermometrographen aufgezeichnet sind, so kann man daraus die Stände erhalten, welche eine Stunde vor dem Aufgange der Sonne und zwei Stunden nach ihrer Culmination Statt finden, wenn man die mittlere Differenz zwischen den Ex-

63) Schweigger Jahrb. N. R. XVII, 424.

64) Bibliothèque universelle, in jedem Hefte.

65) Configliachi Giornale di Fisica, Decade secondo. T. X, Beilage.

tremen durch 12 dividirt und den Quotienten zum Minimum addirt, vom Maximum aber subtrahirt.

Wenn uns der Unterschied zwischen den Extremen an einem Orte bekannt ist, so setzen uns die Messungen in Padua und Leith in den Stand, den Gang der Wärme während des Tages annähernd zu bestimmen. Wollen wir für einen Ort, wo die Extreme aufgezeichnet sind, die Temperaturänderung zwischen zwei beliebigen Stunden erhalten, so dürfen wir diese Aenderung nur in Padua oder Leith für dieselben Stunden aufsuchen, diese mit dem Verhältnisse der Unterschiede zwischen den Extremen multipliciren und das Product mit demselben Zeichen zu der Beobachtung an dem gegebenen Orte addiren. So ist in Leith der Unterschied zwischen den Extremen 3°,44, in Padua 5°,89, beide verhalten sich wie 1 : 1,71; für Apenrade ist der Unterschied zwischen den Ständen um 3 Uhr und den Angaben eines Thermometrographen 7°,03 [66]), oder, wenn $\frac{1}{12}$ subtrahirt wird, 6°,44. Sehen wir den Unterschied zwischen den Extremen in Leith als Einheit an, so ist er in Apenrade nahe 1,9. Werden nun die Wärmeänderungen zwischen zwei beliebigen Stunden in Leith mit 1,7 oder 1,9 multiplicirt, so erhalten wir die entsprechenden Größen in Padua oder Apenrade. So sinkt in Leith das Thermometer von 3^h bis 9^h und 2°,06, also würde es in Padua um 3°,52, in Apenrade um 3°,91 sinken. Wird diese Größe von dem um 3 Uhr beobachteten Thermometerstande subtrahirt, so erhalten wir sehr nahe die Wärme um 9 Uhr, wie folgende Tafel zeigt.

	Padua	Apenrade
3^h Beobachtet . .	16°,79	10°,60
Aenderung . .	3,52	3,91
9^h Berechnet. . .	13,27	6,69
9^h Beobachtet . .	13,12	7,12
Unterschied . .	+0,15	—0,43

66) Schouw Klimatologie I, 125.

Eben so sinkt das Thermometer vom Mittage bis 11 Uhr in Leith um 2°,21, also in Padua um 3°,76, in Apenrade um 4°,20, und wir erhalten also

	Padua	Apenrade
Mittag beobachtet	16°,17	10,40
Aenderung	3,76	4,20
11^h Berechnet	12,41	6,20
11^h Beobachtet	12,48	6,41
Unterschied	—0,07	—0,21

Diese Unterschiede, welche schon ohnehin klein sind, würden noch weit geringer geworden seyn, wenn die Messungen längere Zeit fortgesetzt wären. Und eine ähnliche Uebereinstimmung zeigen die einzelnen Jahreszeiten und Monate.

Bei den meisten Untersuchungen, die wir in der Folge anstellen werden, wollen wir die mittlere Temperatur zum Grunde legen. Es scheint, als ob der Abstand des Instrumentes vom Boden auf diese nur einen geringen Einfluß habe. Sinkt das untere Thermometer während der Nacht mehr als das höher hängende, so wird diese Depression durch ein stärkeres Steigen am Tage compensirt; die Curven sind ähnlich, und nur in den Constanten, durch welche die Coordinaten bestimmt werden, zeigt sich eine Verschiedenheit. Daher kann es denn auch geschehen, daß zwei Beobachter an demselben Orte und zu derselben Zeit Thermometerstände erhalten, welche um mehrere Grade von einander verschieden sind, obgleich die mittleren Temperaturen vollkommen übereinstimmen, sobald nur die einzelnen Aufzeichnungen zu zweckmäßig gewählten Stunden vorgenommen sind.

Die Quadratur der Curve für die tägliche Wärme ist das sicherste Mittel, um die gesuchte Größe zu erhalten; wenn jedoch der Stand des Thermometers stündlich aufgezeichnet wurde, so ist das arithmetische Mittel aller 24 Beobachtungen sehr nahe der mittleren Wärme gleich [67]), und daher wollen wir diese Größe näheren Untersuchungen zum Grunde legen.

---

67) Schweigger Jahrb. N. R. XVII, 393.

Es kommt nun darauf an, zu zeigen, wie man mit Hülfe weniger Beobachtungen am Tage die mittlere Temperatur finden könne. Aeltere Physiker begnügten sich damit, den Stand des Thermometers mehrmals am Tage zu beliebigen Stunden aufzuzeichnen, und sahen das arithmetische Mittel dieser Messungen als mittlere Wärme an. Noch jetzt geben manche Meteorologen die Zeiten ihrer Beobachtungen durch die unbestimmte Benennung Morgen, Mittag, Abend an, ohne daß sie die Stunden näher bezeichnen, aber Messungen dieser Art sind von geringem Werthe, nur durch ein scharfes Auffassen der Stunden und genauer Angaben der Zeiten ist es möglich Größen zu erhalten, welche für die Wissenschaft Werth haben. Was daher Cotte [68]) für viele Orte der Erde und Toaldo [69]) für Italien geliefert haben, darf nur mit großer Vorsicht benutzt werden. Erst in neueren Zeiten haben Tralles [70]), Hällström [71]) und Schouw [72]) diesen Punkt näher untersucht; ich habe mich bemüht, die von diesen Gelehrten enthaltenen Größen schärfer zu bestimmen [73]).

Ist DTEV (Fig. 4) die Curve der täglichen Temperatur von einem Minimum bis zum Minimum am folgenden Tage, bezeichnen AD und CF die kleinste, BE die größte Wärme, so können wir ohne Fehler annehmen, daß AD = CF sey. Nun betrachtet Tralles diese Curve als aus vier Parabeln DT, ET, EV und VF bestehend, deren Axen SD, EB und FX sind und von denen je zwei in T und V zusammentreffen. Diese Vorstellung, welche Brewster ebenfalls angenommen hat [74]), stimmt sehr nahe mit der Erfahrung überein [75]). Um nun den Flächeninhalt dieser vier Parabeln zu quadriren, haben Tralles und Hällström Metho-

68) Cotte Mémoires im zweiten Bande.

69) Ephém. Soc. Met. Palat. 1789. p. 353.

70) Abh. der Berl. Acad. für 1818 u. 1819, Phys. Cl. S. 411—426.

71) Poggendorff's Annalen IV, 373.

72) Schouw Pflanzengeographie S. 39 fg.

73) Schweigger Jahrb. N. R. XVII, 385 und XVIII, 1.

74) Edinburgh Journal of Science Nr. IX. S. 31.

75) Schweigger Jahrbuch N. R. XVII, 395.

den angegeben, bei denen es nicht erforderlich ist, die Gleichungen der Curven zu kennen. Das Verfahren des zuletzt genannten Geometers scheint mir einfacher und ich will es daher zunächst betrachten [76]).

Es werde die Länge des Tages, AC, als Einheit angesehen und AD = CF gesetzt; es seyen T und V die Punkte, in denen die entgegengesetzten Parabeln zusammenkommen; die sie verbindende Linie TV ist der Axe nahe parallel, so daß wir diesen Parallelismus ohne großen Fehler als naturgemäß ansehen können. Es kommt darauf an, das Rechteck ASXC dergestalt zu bestimmen, daß sein Inhalt gleich dem Flächeninhalte der gedachten vier Parabeln ist. Wenn wir erwägen, daß der Inhalt einer Parabel gleich $\frac{2}{3}$ von dem Producte der Abscisse mit der Ordinate ist, so erhalten wir für die Fläche von unseren vier Parabeln, also die mittlere Temperatur

$$AC.AS + \tfrac{2}{3}EU.TU + \tfrac{2}{3}EU.UV - \tfrac{2}{3}SD.ST - \tfrac{2}{3}VK.XF$$
$$= AC(AD + DS) + \tfrac{2}{3}EU(TU + UV) - \tfrac{2}{3}DS(ST + VX)$$

Setzen wir hier AC = 1, so wird die mittlere Temperatur

$$= AD + DS + \tfrac{2}{3}EU.TV - \tfrac{2}{3}DS(1 - TV)$$
$$= AD + DS + \tfrac{2}{3}EU.TV - \tfrac{2}{3}DS + \tfrac{2}{3}DS.TV$$
$$= AD + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(EU + DS)$$
$$= AD + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(EB - AD).$$

Bezeichnen wir nun die kleinste Temperatur AD mit m, die größte BE mit M, und die mittlere mit t, so wird

$$t = m + \tfrac{1}{3}DS + \tfrac{2}{3}TV(M - m)$$

Da hier M und m durch Beobachtung gegebene Größen sind, so kommt alles auf die Bestimmung von DS und TV an. Ich habe zu dem Behufe die Curve so sorgfältig als möglich gezogen und dann die Punkte M und N aufgesucht, in denen selbige die größte Aehnlichkeit mit einer geraden Linie hatte, wo also die entgegengesetzten Parabeln zusammentrafen. Wurden diese Punkte durch eine gerade Linie verbunden, so gab der Durchschnittspunkt dieser mit EB, U, den Punkt, durch welche ich die Linie SX parallel mit der Axe zog, und hiernach ließen sich TV und DS bestimmen.

76) Poggendorff's Annalen IV, 382.

Hällström, welcher seinen Untersuchungen mehrmals am Tage angestellte Beobachtungen zu Paris, Halle und Abo zum Grunde legte, glaubt, daß TV an allen diesen Orten gleich und das ganze Jahr hindurch constant sey [77]); setzte er AL = 1, so war TV = $\frac{7}{12}$. Aus meinen Untersuchungen geht jedoch hervor, daß diese Größe einen von den Jahreszeiten abhängigen Werth hat, in Padua und Leith aber mehr übereinstimmt. Ich finde darnach folgende Coefficienten des Bruches $\frac{1}{24}$.

Monat	Padua	Leith	Mittel beider		Unterschied
			Beobachtet	Berechnet	
Januar	10,1	8,5	9,3	9,1	— 0,2
Februar	14,0	8,6	11,3	11,2	— 0,1
März	13,0	12,0	12,5	12,8	+ 0,3
April	15,0	13,1	14,0	13,5	— 0,5
Mai	13,5	12,6	13,1	13,2	+ 0,1
Junius	12,7	12,6	12,6	13,1	+ 0,5
Julius	13,0	14,1	13,6	13,2	— 0,4
August	13,0	13,0	13,0	13,3	+ 0,3
September	12,0	13,0	12,5	12,3	— 0,2
October	10,9	10,0	10,5	10,5	0
November	8,4	8,6	8,5	8,6	+ 0,1
December	7,3	8,4	7,9	8,1	+ 0,2

Zur Berechnung der in der obigen Tafel gegebenen Werthe von TV hatte ich früher den Ausdruck

$$TV_n = 8,4119 + 1,7799\,n - 0,1548\,n^2$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler ε″ (TV) = 0,44 entwickelt [78]), wo das Jahr vom 15ten December an gerechnet wurde, n die Ordnungszahl des Monates und TV_n den entsprechenden Werth von TV bezeichnete. Späterhin habe ich das Jahr als einen Kreis angesehen und den schon oben benutzten trigonometrischen Ausdruck angewendet. Wird allen Monaten gleiche Länge

77) l. l. S. 386.

78) Schweigger Jahrbuch N. R. XVIII, 3.

gegeben, so entspricht einem jeden ein Winkel von 30° und unser allgemeiner Ausdruck verwandelt sich für diesen Fall in

$$TV_n = A + u' \sin(n.30^\circ + v') + u'' \sin(n.60^\circ + v'') + u''' \sin(n.90^\circ + v''') + \ldots\ldots$$

Werden hier nur die drei ersten Glieder behalten, so giebt die Methode der kleinsten Quadrate folgende Gleichung

$$TV_n = 11{,}5667 + 2{,}5176 \sin(n.30^\circ + 306^\circ 30') + 1{,}1195 \sin(n.60^\circ + 338^\circ 9')$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler ε'' (TV) = 0,194.

Die obige Tafel enthält schon die nach diesem Ausdrucke berechneten Werthe von TV.

Der Werth von DS ist an beiden Orten und zu verschiedenen Jahreszeiten ungleich; Hällström hat jedoch auf eine sinnreiche Weise angenommen, daß DS eine Function von M — m sey; er glaubt, es sey DS = a (M — m), wo a ein durch Beobachtungen zu bestimmender Coefficient ist. Die von ihm benutzten Messungen zeigen zwar, daß der Quotient $\frac{M-m}{DS}$ im Sommer etwas kleiner sey als im Winter, er nimmt ihn jedoch das ganze Jahr hindurch gleich an, und indem er TV = $\frac{7}{12}$ AC setzt, erhält er [79])

für Paris $\frac{M-m}{DS} = 3{,}06$

für Halle $\frac{M-m}{DS} = 2{,}45$

für Abo $\frac{M-m}{DS} = 2{,}31$

Bei Annahme desselben Werthes von TV habe ich gefunden [80])

für Padua $\frac{M-m}{DS} = 3{,}24$

für Leith $\frac{M-m}{DS} = 3{,}37$

---

79) Poggendorff's Annalen V, 387.

80) Schweigger Jahrb. XVIII, 2.

Werden jedoch die von mir oben für TV gegebenen Werthe als naturgemäß angesehen, so wird dieser Quotient an beiden Orten und das ganze Jahr hindurch nahe gleich, wie folgende Tafel zeigt.

Monat	DS		$\frac{M-m}{DS}$		
	Padua	Leith	Padua	Leith	Mittel
Januar	1°,56	0°,64	2,21	2,30	2,25
Februar	1,54	0,83	2,60	2,36	2,48
März	2,08	1,27	2,28	2,66	2,47
April	2,05	2,77	2,55	2,05	2,30
Mai	3,15	2,31	2,41	1,97	2,19
Junius	3,13	1,95	2,13	2,23	2,18
Julius	3,91	2,04	2,40	2,50	2,45
August	3,09	1,56	2,90	2,63	2,77
September	3,04	1,64	2,26	2,71	2,48
October	2,11	1,09	2,13	2,49	2,31
November	2,57	1,00	2,01	2,24	2,13
December	3,25	0,45	1,83	2,84	2,33

Die Unterschiede in den Werthen dieses Quotienten zu Padua und Leith sind so beschaffen, daß sie durchaus keine Abhängigkeit von den Jahreszeiten zeigen, und wahrscheinlich würden sie gänzlich verschwinden, wenn die Messungen hinreichend lange fortgesetzt wären, um alle Anomalien zu entfernen und daher können wir das Mittel dieser Quotienten als für den größten Theil von Europa gültig ansehen.

Wie richtig sich mit diesen Werthen von TV und DS die mittlere Temperatur finden lasse, zeigt folgende Tafel, in welcher die Größen in der mit Beobachtet überschriebenen Spalte die Mittel aller 24 Beobachtungen sind, während die berechneten Temperaturen durch die obigen Werthe von TV und die mittlere Größe des Quotienten $\frac{M-m}{DS}$ erhalten wurden.

Monat	Padua			Leith		
	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	3°,71	3°,51	—0°,20	5°,00	4°,99	—0°,01
Februar	4,89	4,73	—0,16	4,74	4,81	+0,07
März	7,73	7,62	—0,11	4,84	4,97	+0,13
April	13,03	13,04	+0,01	7,83	7,82	—0,01
Mai	19,97	19,91	—0,06	9,91	9,88	—0,03
Junius	21,93	21,91	—0,02	13,26	13,38	+0,12
Julius	26,06	26,11	+0,05	15,70	15,70	0
August	22,79	23,09	+0,30	14,60	14,69	+0,09
Septbr.	18,38	18,39	+0,01	13,54	13,60	+0,06
October	14,92	14,90	—0,02	9,50	9,58	+0,08
Novbr.	7,73	7,72	—0,01	5,07	5,10	+0,03
Decbr.	3,84	3,80	—0,04	4,26	4,31	+0,05
Jahr	13,75	13,73	—0,02	9,02	9,05	+0,03

Die Unterschiede zwischen den wahren und den nach dieser Hypothese berechneten Mitteln sind so klein, daß wir sie übersehen dürfen; es würden dieselben noch geringer seyn, wenn wir statt der unmittelbaren durch Beobachtungen gegebenen Extreme die durch die obigen Formeln erhaltenen genommen hätten. Wird also angenommen, daß die gegebenen Werthe von TV und DS der Natur entsprechen, so läßt sich unser Ausdruck etwas vereinfachen. Setzen wir nämlich $DS = \frac{M - m}{2,36}$ und bezeichnen die Länge des Tages nicht mit 1, sondern mit 24, so verwandelt sich der Ausdruck

$$t = m + \tfrac{1}{3}\,DS + \tfrac{2}{3}\,TV\,(M - m)$$

in

$$t = m + \frac{M - m}{7,08} + \tfrac{2}{3}\,\frac{TV}{24}\,(M - m)$$

$$= m + \left\{0,141 + \frac{TV}{36}\right\}(M - m)$$

Setzen

Setzen wir für TV die oben gegebenen Werthe, so erhalten wir für den Coefficienten von M — m für die Mitte jedes Monates folgende Größen:

Januar	0,394
Februar	0,452
März	0,496
April	0,496
Mai	0,508
Junius	0,505
Julius	0,508
August	0,510
September	0,483
October	0,433
November	0,380
December	0,366

Schon oben wurde erwähnt, daß man sich früherhin der Extreme zur Bestimmung der mittleren Temperatur bediente; da alle übrigen Thermometerstände im Jahre zwischen diesen beiden Punkten lagen, so glaubte man, das arithmetische Mittel derselben sey der mittleren Wärme gleich. Das Zeit-Intervall, in welchem diese Extreme betrachtet wurden, wurde immer mehr verkleinert, aber obgleich der Pater de Beze schon am Ende des 17ten Jahrhunderts empfohlen hatte [81]), die mittlere Temperatur des Tages durch das arithmetische Mittel der Extreme zu bestimmen, so wurden die Physiker doch erst durch A. v. Humboldt's Aufforderungen [82]) auf dieses Verfahren aufmerksam und viele Meteorologen bedienten sich desselben gegenwärtig bei ihren Beobachtungen [83]); wenn man erwägt, daß der Unter-

81) Humboldt in Poggendorff's Annalen VIII, 175.

82) Mémoirs d'Arcueil II, 497.

83) Vorausgesetzt wird hiebei, daß die wirklichen Extreme beobachtet werden. Wahlenberg, in seinen Schriften über Lappland, die Schweiz und die Carpathen, hat ein ähnliches Verfahren angewendet, aber sich dabei nicht der wahren Extreme bedient; so nahm er von den um 2^h, 9^h und 19^h in Ofen erhaltenen Größen die beiden Extreme und leitete daraus die Mittel her; ein Verfahren, welches sich mehr oder weniger von der Wahrheit entfernen muß.

schied zwischen beiden Extremen meistens nur einige Grade beträgt, so wird begreiflich, daß der Fehler nie sehr bedeutend werden kann. Schouw hat jedoch die Richtigkeit dieser Methode an den Beobachtungen Chiminello's geprüft [84]), und folgende Tafel zeigt, daß hiebei allerdings kleine Fehler begangen werden.

Monat	Padua			Leith		
	Beobachtet	$\frac{M+m}{2}$	Unterschied	Beobachtet	$\frac{M+m}{2}$	Unterschied
Januar	3°,71	3°,84	+0°,13	5°,00	5°,15	+0°,15
Februar	4,89	4,93	+0,04	4,74	5,01	+0,27
März	7,73	7,63	—0,10	4,84	5,00	+0,16
April	13,03	12,95	—0,08	7,83	7,72	—0,11
Mai	19,97	19,85	—0,12	9,91	9,85	—0,06
Junius	21,93	21,88	—0,05	13,26	13,37	+0,11
Julius	26,06	26,04	—0,02	15,70	15,55	—0,15
August	22,79	23,02	+0,23	14,60	14,64	+0,04
Septbr.	18,38	18,51	+0,13	13,54	13,68	+0,14
October	14,92	15,20	+0,28	9,50	9,76	+0,26
Novbr.	7,73	8,33	+0,60	5,07	5,39	+0,32
Decbr.	3,84	4,35	+0,51	4,26	4,48	+0,22
Jahr	13,75	13,88	+0,13	9,02	9,13	+0,11

Wenn auch die jährlichen Mittel sehr nahe übereinstimmen, so weicht das arithmetische Mittel der täglichen Extreme in manchen Monaten sehr bedeutend von dem wahren Mittel ab, namentlich ist dieses in den Wintermonaten der Fall. Aus diesem Grunde empfahl Schouw, man solle die für Padua geltenden Differenzen von dem arithmetischen Mittel der Extreme subtrahiren Da jedoch das von mir oben gegebene Verfahren zur Herleitung des Mittels aus dem höchsten und niedrigsten täglichen Thermometerstande nicht viel weitläuftiger ist, so scheint dasselbe den Vorzug zu verdienen.

84) Schouw Pflanzengeographie S. 59.

Tralles hat ein anderes Verfahren angegeben, um den Flächeninhalt der obigen Parabeln zu finden [85]). Es wird dazu die höchste Temperatur am Mittage und eine zweite in der Nacht oder am Morgen anzustellende Beobachtung erfordert. Es sey CFEID (Fig. 5) die Curve der täglichen Temperatur, und die Länge des Tages von 24 Stunden werde als Einheit angesehen; ferner sey $AC = BD$. Der Anfangspunkt der Coordinaten A werde dergestalt genommen, daß ihm eine Temperatur AC entspricht, die nach einer Zeit AK wiederkehrt, welche gleich der Tageslänge L, d. h. gleich der Zeit ist, während welcher sich die Sonne über dem Horizonte befindet. Diese uns zunächst unbekannte Temperatur sey $AC = b$; da nun $CE = L$, so ist $ED = 1 - L$; es sey ferner $FG = M$ die größte, $IH = a - n$ die kleinste Temperatur, wo uns a und n zunächst unbekannt sind. Die Parabeln sind nun CF und FE mit dem gemeinschaftlichen Scheitel F, EI und ID mit dem gemeinschaftlichen Scheitel I. Nun ist die Fläche

$$ACFEK = L\left\{b + \tfrac{2}{3}(M - b)\right\}$$
$$EKBDI = (1 - L)\left\{b - \tfrac{2}{3}(b - a + n)\right\}.$$

Die Summe beider Flächen ist gleich der mittleren Temperatur t; mithin ist

$$t = L\left\{b + \tfrac{2}{3}(M - b)\right\} + (1 - L)\left\{b - \tfrac{2}{3}(b - a + n)\right\}$$
$$= a + \tfrac{2}{3}L(M - a) - \tfrac{1}{3}\left\{2n(1 - L) + a - b\right\}.$$

Da die Temperatur a unbestimmt ist, so kann man sie dergestalt wählen, daß

$$\tfrac{1}{3}\left\{2n(1 - L) + a - b\right\} = 0$$

wird; dann erhalten wir

$$t = a + \tfrac{2}{3}L(M - a).$$

Ist hier t bekannt, so läßt sich a sehr leicht finden und die Zeit bestimmen, wo dieser Thermometerstand Statt findet. Da Tralles jedoch keine stündlichen Beobachtungen benutzen konnte, so war er nicht im Stande, dieses mit hinreichender Schärfe zu

85) Abhandlungen der Berl. Acad. der Wissensch. für 1818 und 1819. Phys. Kl. S. 415 fg.

thun [86]); ich habe es versucht, diesen am Morgen und in der Nacht eintretenden Moment für Padua und Leith zu bestimmen und die in folgender Tafel mitgetheilten Größen erhalten:

Monat	Morgen		Nacht.		
	Padua	Leith	Padua	Leith	Mittel
Januar	$21^h,3$	$21^h,5$	$13^h,0$	$12^h,5$	$12^h,8$
Februar	21,2	21,0	13,0	10,0	11,5
März	20,7	20,3	12,8	12,5	12,6
April	19,8	19,4	13,0	12,9	13,0
Mai	18,0	18,5	12,0	13,0	12,5
Junius	17,5	17,9	11,5	12,6	12,1
Julius	17,6	18,2	12,6	11,8	12,2
August	18,9	18,7	13,2	11,6	12,4
September	19,3	19,3	12,5	12,2	12,3
October	20,0	19,4	12,0	12,3	12,2
November	20,2	20,6	11,5	9,8	10,7
December	20,7	21,0	11,5	8,2	9,9

Die Stunden, zu denen die Morgenbeobachtung angestellt werden muß, zeigen zwar eine größere Uebereinstimmung als die Stunden in der Nacht; da sich jedoch die Wärme zu der letzteren Zeit langsamer ändert, als zu jener, so wird die Uebereinstimmung nur scheinbar größer. Die Zeit der Morgenbeobachtung muß noch an verschiedenen Orten durch länger fortgesetzte Aufzeichnungen bestimmt werden; dagegen können wir ohne großen Fehler die zweite Beobachtung um Mitternacht anstellen. Folgende Tafel enthält die Mittel, welche durch das Maximum und die zu dieser Zeit Statt findende Temperatur enthalten sind [87]).

86) l. l. S. 418.

87) Schweigger Jahrbuch N. R. XVIII, 7.

Monat	Padua Beobachtet	Padua Berechnet	Padua Unterschied	Leith Beobachtet	Leith Berechnet	Leith Unterschied
Januar	3°,71	3°,78	+0°,07	5°,00	5°,02	+0°,02
Febr.	4,89	5,01	+0,12	4,74	4,65	—0,09
März	7,73	7,81	+0,08	4,84	4,89	+0,05
April	13,03	13,19	+0,16	7,83	7,93	+0,10
Mai	19,97	19,90	—0,07	9,91	10,13	+0,22
Junius	21,93	21,82	—0,11	13,26	13,16	—0,10
Julius	26,06	26,19	+0,13	15,70	15,73	+0,03
August	22,79	22,87	+0,08	14,60	14,53	—0,07
Septbr.	18,38	18,45	+0,07	13,54	13,57	+0,03
Octbr.	14,92	15,11	+0,12	9,50	9,40	—0,10
Novbr.	7,73	7,65	—0,08	5,07	4,76	—0,31
Decbr.	3,84	3,75	—0,09	4,26	4,19	—0,07
Jahr	13,75	13,79	+0,04	9,02	9,00	—0,02

Man könnte das Verfahren von **Tralles** auch dergestalt abändern, daß man das Mittel aus dem Minimum und einer zweiten am Morgen oder Abend anzustellenden Beobachtung herleitete. Bezeichnet dann L die Länge der Nacht, m die kleinste Temperatur, so erhält man nach Anbringung aller erforderlichen Reductionen [88])

$$t = a - \tfrac{2}{3} L (a - m)$$

Da hier m und t durch Beobachtung gegeben sind, so läßt sich a leicht bestimmen. Ich habe es versucht, die Momente, wo diese Temperatur eintritt, in Padua und Leith anzugeben, aber es liegen die Stunden meistens zu Zeiten, wo der Stand des Thermometers sich schnell ändert, (zwischen 9 Uhr und 12 Uhr Morgens, 4 Uhr und 8 Uhr Abends,) und zwischen den an beiden Orten in einzelnen Monaten erhaltenen Zeiten zeigen sich Differenzen zum Theil von 8 Stunden, so daß es jetzt noch nicht möglich ist, hierüber etwas Allgemeingültiges zu sagen.

Aeltere Meteorologen zeichneten den Stand des Thermometers täglich mehrmals auf; es ist aber wenig wahrscheinlich, daß

---

88) **Schweigger** Jahrbuch XVIII, 11.

die arithmetischen Mittel ihrer Aufzeichnungen gleich dem wahren Mittel sind. Man könnte das wahre Mittel durch diese Beobachtungen dadurch finden, daß man aus den Beobachtungen, welche zu denselben Zeiten in Leith und Padua angestellt sind, Coefficienten herleitete, mit welchen die einzelnen Thermometerstände multiplicirt werden müßten, wie dieses schon Humboldt empfohlen hat [89]). Gesetzt, man hätte zu drei verschiedenen Stunden die Wärmegrade a, b, c gefunden, aber diese gäben nicht die mittlere Temperatur, dann dürfte man nur die Stände a′, b′, c′ nehmen, welche zu eben diesen Stunden in Padua oder Leith beobachtet sind; da hier nun die mittlere Wärme t′ bekannt ist, so können wir annehmen, daß

$$t' = ma' + nb' + pc'$$

sey, wo m, b, p durch die Beobachtungen zu bestimmende Coefficienten sind. Sind diese gefunden, dann erhalten wir für den Ort, dessen mittlerer Wärmegrad t verlangt wird,

$$t = ma + nb + pc.$$

In manchen Fällen sind diese Coefficienten sehr einfach. Nach dem Vorgange der Mannheimer Societät [90]) wird das Thermometer häufig um 19 Uhr (7 Uhr Morgens), 2 Uhr und 9 Uhr aufgezeichnet. Das arithmetische Mittel dieser drei Beobachtungen entfernt sich mehr oder weniger von der Wahrheit; es ist jedoch möglich, durch eine sehr einfache Rechnung aus diesen drei Beobachtungen den mittleren Wärmegrad herzuleiten. Bezeichnen wir nämlich die um 19 Uhr, 2 Uhr und 9 Uhr gefundenen Temperaturen mit XIX, II und IX, so wird sehr nahe

$$t = \frac{XIX + II + 2.IX}{4}.$$

---

89) Mémoires d'Arcueil II, 493.

90) Ephemerides Soc. Met. Palat. T. I, 1781. p. 10.

Wie weit diese Regel der Natur entspricht, zeigt folgende Tafel.

Monat	Padua			Leith		
	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	3°,71	3°,76	+0°,05	5°,00	5°,03	+0°,03
Februar	4,89	4,99	+0,10	4,74	4,71	—0,03
März	7,73	7,76	+0,03	4,84	4,89	+0,05
April	13,03	13,13	+0,10	7,83	7,90	+0,07
Mai	19,97	19,99	+0,02	9,91	9,98	+0,07
Junius	21,93	21,87	—0,06	13,26	13,34	+0,08
Julius	26,06	26,09	+0,03	15,70	15,82	+0,12
August	22,79	22,76	—0,03	14,60	14,63	+0,03
Septbr.	18,38	18,57	+0,19	13,54	13,59	+0,05
October	14,92	14,95	+0,03	9,50	9,51	+0,01
Novbr.	7,73	7,73	0	5,07	5,19	+0,12
Decbr.	3,84	3,94	+0,10	4,26	4,28	+0,02
Jahr	13,75	13,79	+0,04	9,02	9,07	+0,05

Hätte man Beobachtungen um 20 Uhr, 3 Uhr und 10 Uhr angestellt, so würde die mittlere Temperatur durch den Ausdruck

$$t = \frac{7.XX + 7.III + 10.X}{24}$$

erhalten [91]), wo XX, III und X die zu gedachten Stunden erhaltenen Thermometerstände bezeichnen. Aber nicht immer sind die Coefficienten so einfach als in den gedachten Fällen, und nicht selten haben sie in jedem Monate einen verschiedenen Werth. In diesen Fällen würde die Rechnung sehr weitläuftig werden, und es ist daher zweckmäßiger, das arithmetische Mittel der Beobachtungen zu nehmen und an diesem eine Correction anzubringen, wie dieses Leop. v. Buch mit einigen Beobachtungen in Ulea gethan [92]) und in der Folge von Schouw [93]) und mir [94]) empfohlen worden ist.

91) Baumgartner Naturlehre. 3te Aufl. S. 697.
92) Gilbert's Annalen XLI, 44.
93) Schouw Pflanzengeographie S. 68.
94) Schweigger Jahrb XVIII, 26.

Gesetzt, man hätte zu drei beliebigen Stunden, etwa um 19 Uhr, 2 Uhr und 9 Uhr den Stand des Thermometers aufgezeichnet, so zeigen die Messungen in Padua und Leith, daß das arithmetische Mittel dieser drei Größen von dem wahren Mittel abweicht, Der Fehler in den einzelnen Monaten erreicht zum Theil die Größe von einem halben Grade. Vergleichen wir nun die Größe dieser Unterschiede in Leith und Padua, so verhalten sich beide sehr nahe wie 1:1,8. Nahe eben so verhalten sich auch die Aenderungen des Thermometers in dieser Zeit. Es steigt nämlich das Thermometer in Leith von 19 Uhr bis 2 Uhr um $2^{\circ},89$ und sinkt dann bis 9 Uhr um $2^{\circ},03$; in Padua betragen eben diese Aenderungen $4^{\circ},67$ und $3^{\circ},67$; nehmen wir mithin die Summen der Aenderungen, so verhält sich

$$4^{\circ},92 : 8^{\circ},54 = 1 : 1,84.$$

Wollten wir also aus der Correction, die in Leith nöthig ist, die für Padua erforderliche herleiten, so dürften wir jene nur mit 1,8 multipliciren und sie mit demselben Zeichen an dem arithmetischen Mittel der drei Beobachtungen anbringen. Ich habe mich daher bei den meisten Temperaturbestimmungen folgender einfachen Methode bedient. Waren mir die Beobachtungen zu den einzelnen Stunden bekannt, so nahm ich zuerst das arithmetische Mittel derselben; sodann nahm ich das Mittel der zu eben diesen Zeiten erhaltenen Temperatur in Padua und erkannte auf diese Art, ob eine Correction erforderlich sey. War dieses der Fall, so nahm ich dasselbe Verfahren in Leith vor, und multiplicirte die hier nöthigen Größen mit 1,8, um die Fehler zu verkleinern, welche in den Messungen zu Padua vorhanden seyn mochten. Sodann untersuchte ich, wie viel sich das Thermometer an dem Orte, dessen mittlerer Wärmegrad aufgesucht werden sollte, von einer Beobachtung bis zur folgenden änderte, und indem ich die Summe dieser Aenderungen mit der entsprechenden Größe in Padua verglich, erhielt ich den Coefficienten, mit welchem die Correction an letzterem Orte multiplicirt werden mußte [95]). Gesetzt, an einem Orte betrage die Summe der Aenderungen von 19 Uhr

---

95) Schweigger Jahrbuch N. R. XIX, 126.

bis 2 Uhr, und von 2 Uhr bis 9 Uhr 12°,00, während diese Größe in Padua nur 8°,54 beträgt, so giebt das Verhältniß

$$8{,}54 : 12{,}00 = 1 : 1{,}4$$

die Größe 1,4, mit welchem die Correction für Padua multiplicirt werden muß. Früherhin bediente sich Schouw bei seinen Berechnungen der für Padua geltenden Correction unmittelbar; erst später hat er eine ähnliche Reduction derselben vorgeschlagen [96]). In Deutschland [97]), Italien und dem östlichen Frankreich läßt sich die Correction für Padua meistens unmittelbar anwenden, für Orte in England habe ich gewöhnlich die für Leith geltenden Größen genommen.

Zweckmäßiger ist es jedoch, stets den Stand des Thermometers zu solchen Stunden aufzuzeichnen, daß das arithmetische Mittel der beobachteten Wärmegrade dem wahren Mittel gleich ist. Man kann eine große Anzahl von Combinationen der Zeiten machen, welche so liegen, daß man die gesuchte Größe erhält. Vorzugsweise empfehle ich dazu die Stunden 4, 10, 16 und 22. Schon das Mittel der Messungen um 16 Uhr und 4 Uhr, oder 22 Uhr und 10 Uhr giebt eine der Wahrheit sehr nahe kommende Größe; noch mehr ist dieses aber mit dem Mittel aller vier Größen der Fall, wie folgende Tafel zeigt:

	Padua			Leith		
Monat	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	Beobachtet	Berechnet	Unterschied
Januar	3°,71	3°,74	+0°,03	5°,00	4°,99	—0°,01
Februar	4,89	4,95	+0,06	4,74	4,74	0
März	7,73	8,03	+0,30	4,84	4,81	—0,03
April	13,03	13,11	+0,08	7,83	7,89	+0,06
Mai	19,97	19,91	—0,06	9,91	9,92	+0,01
Junius	21,93	21,75	—0,18	13,26	13,18	—0,08
Julius	26,06	25,96	—0,10	15,70	15,57	—0,13
August	22,79	22,89	+0,10	14,60	14,57	—0,03
Septbr.	18,38	18,53	+0,15	13,54	13,51	—0,03
October	14,92	15,09	+0,17	9,50	9,57	+0,07
Novbr.	7,73	7,81	—0,08	5,07	5,05	—0,02
Decbr.	3,84	3,81	—0,03	4,20	4,22	+0,02
Jahr	13,75	13,80	+0,05	9,02	9,00	—0,02

96) Schouw Klimatologie I, 133.

97) Schübler in Schweigger's Jahrb. N. R. XIX, 121.

Die einzige bedeutende Abweichung zeigt Padua im März, aber die Ursache dieser Differenz liegt darin, daß in der ersten Beobachtung um 22 Uhr ein Fehler enthalten ist. Das Mittel der Messungen um 15 Uhr, 21 Uhr, 3 Uhr und 9 Uhr giebt ein eben so scharfes Resultat, und wenn hier die Morgenstunden auch vielleicht vielen Beobachtern unbequem liegen, so scheint mir die Wahl der zuerst genannten Stunden um so zweckmäßiger, da dieselben auch für die Bewegungen des Barometers von Wichtigkeit sind, und ein Physiker wäre dann im Stande durch gleichzeitige Aufzeichnung des Standes beider Instrumente die wichtigsten Thatsachen zu erhalten, deren wir für ihren Gang bedürfen.

Es ist mehrmals empfohlen worden, den Stand des Thermometers zu den Zeiten aufzuzeichnen, wo das Instrument auf dem täglichen Mittel steht. Wargentin glaubte [98]), dieses sey in Stockholm um 11 Uhr Abends der Fall, während Cotte behauptete, daß dieses in Paris um 21 Uhr geschehe [99]), was auch Tralles für Berlin annahm [100]). In der Folge behauptete Humboldt, die Wärme beim Untergange der Sonne sey sehr nahe dem Mittel gleich [1]), was früher schon de Luc [2]) von der Wärme des Tages im engern Sinne geglaubt hatte; jedoch können die Fehler, welche man auf diese Art begeht, in einzelnen Monaten die Größe von einem Grade übersteigen [3]). Später haben Schouw [4]) und Hällström [5]) gezeigt, daß diese Stunden von den Jahreszeiten abhängen. Ich habe früher diese Momente vermittelst der für die einzelnen Monate möglichst regelmäßig gezogenen Curven bestimmt [6]), jedoch setzen uns die oben mitgetheilten Formeln für den Gang der Wärme in den Stand,

---

98) Bei Hallström in Poggendorff's Annalen IV, 398.

99) Cotte Traité p. 371.

100) Abhandlungen der Berliner Academie für 1818, phys. Kl. p. 412.

1) Mémoires d'Arcueil II, 491.

2) de Luc Modific. de l'atmosph. §. 595. T. III. p. 13.

3) Schweigger Jahrbuch N. R. XVIII, 21.

4) Schouw Pflanzengeographie S. 60, Klimatologie I, 131.

5) Poggendorff's Annalen IV, 396.

6) Schweigger Jahrbuch XVIII, 16.

dieses mit größerer Schärfe zu thun, und darnach ergeben sich folgende Momente, in denen die Mittel eintreten.

Monat	Morgen		Abend		Zeit über dem Mittel	
	Padua	Leith	Padua	Leith	Padua	Leith
Januar	$22^h,2$	$22^h,3$	$8^h,7$	$7^h,8$	$10^h,5$	9,5
Februar	22,1	21,9	9,7	7,2	11,6	9,3
März	21,6	21,9	9,2	8,6	11,6	10,7
April	21,5	21,0	9,1	8,8	11,6	11,8
Mai	19,6	21,0	7,6	9,0	12,0	12,0
Junius	19,4	20,8	7,1	8,6	11,7	11,8
Julius	19,5	20,7	7,1	8,9	11,6	12,2
August	20,2	20,8	7,4	8,5	11,2	11,7
Septbr.	20,8	21,1	7,9	8,2	11,1	11,1
October	21,4	21,2	7,5	6,8	12,1	9,6
Novbr.	21,2	21,6	6,6	7,7	9,4	10,1
Decbr.	21,6	21,5	7,5	6,2	9,9	8,7

Wie man sieht, so zeigen die Stunden an beiden Orten durchaus keine Uebereinstimmung, und es läßt sich daher nichts Allgemeines über die Wahl derselben sagen. Am Morgen tritt das Mittel fast das ganze Jahr hindurch in Leith später ein, als in Padua, denn die Ausnahmen verdienen wohl kaum eine Beachtung; in den Wintermonaten dagegen findet das Minimum am Abende früher in Leith Statt, während im Sommer das Gegentheil Statt findet. Dabei zeigt die obige Tafel noch den merkwürdigen Umstand, daß die Temperatur längere Zeit unter dem Mittel liegt, als über demselben. In Padua betrug jene Zeit 11,2 Stunden, in Leith nur 10,7 Stunden, ist also eine halbe Stunde kleiner. Dieser Unterschied zwischen beiden Orten verschwindet im Sommer fast ganz, wird aber im Winter bedeutender. Denn nach einem Mittel der im December, Januar und Februar gefundenen Größen ist die Wärme in Padua 10,7, in Leith nur 9,2 Stunden über dem Mittel. Ich glaube nicht, daß wir annehmen dürfen, daß diese Differenzen bloß darin ihren Grund haben, daß noch nicht alle Anomalien im Gange der Wärme entfernt sind; es hängt dieselbe innig mit dem Feuchtig-

keitszustande der Atmosphäre zusammen, und ich werde im fünften Abschnitte zu zeigen suchen, worin die Differenzen in den Stunden der Mittel und in der ungleichen Dauer der Zeiten, während welcher die Temperatur über oder unter dem Mittel liegt, in den einzelnen Jahreszeiten und an beiden Orten ihren Grund haben.

Da bei Bestimmung der mittleren Temperatur des Tages aus wenigen Beobachtungen die Quadratur der Curve für den täglichen Gang der Wärme gesucht wird, so kann man sich auch aller Methoden bedienen, welche von den Geometern zur Lösung dieses Problemes vorgeschlagen sind. Ein sehr einfaches Verfahren dieses zu erreichen, ist das von Kramp [7]. Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Abscissen um gleiche Größen wachsen. Ich habe es versucht diese Formeln auf 4, 6, 8 Beobachtungen während des Tages anzuwenden. Die Uebereinstimmung mit den wahren Mitteln war sehr groß. Wenn jedoch wenigstens vier Beobachtungen während des Tages angestellt werden, so giebt schon das arithmetische Mittel derselben eine der Wahrheit sehr nahe kommende Größe, zu welchen Stunden diese Beobachtungen auch immerhin angestellt seyn mögen, wofern nur die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Aufzeichnungen des Instrumentes gleich sind. Noch mehr ist dieses bei sechs, acht und zwölf Beobachtungen der Fall. Aus diesem Grunde will ich die hieher gehörigen Formeln nicht mittheilen.

Eine zweite Methode ist die von Gauß vorgeschlagene [8], welche schon früher Posselt und später Poggendorff auf die Bestimmung der mittleren Tageswärme angewendet hat [9]. Wenn y die Ordinate und x die Abscisse einer Curve bezeichnet, so giebt das Integral $\int y dx$ den Flächeninhalt derselben. Nimmt man dieses Integral von $x = g$ bis $x = g + \Delta$, so kann man allgemein setzen $x - g = \Delta t$, und t, einen von 0 bis 1 gehenden Bruchwerth von Δ, als neue Abscisse der Curve oder als neue independente Variable der Function (y, x) ansehen. Das Inte-

7) Kramp in den Annales de Mathematiques VI, 261, 372. IX, 375.

8) Comment. Soc. Reg. Gott. recent. Vol. III. p. 39.

9) Poggendorff's Annalen IV, 410.

gral $\int ydx$ geht dadurch in $\Delta \int ydt$ über, und dann ist zufolge der von Gauß vorgeschlagenen Methode

$$\Delta\,(AR + A'R' + A''R'' + \ldots\ldots + A^{(n)}R^{(n)})$$

der Werth des Integrales $\Delta \int ydt$ von $t = 0$ bis $t = 1$. Hier bezeichnen A, A', A'', ... $A^{(n)}$ gegebene Werthe der Ordinate y, die respective gewissen Werthen von t zwischen $t = 0$ und $t = 1$ entsprechen; R, R', R'' .... $R^{(n)}$ sind Zahlen-Coefficienten, die durch dieses Verfahren näher bestimmt werden und für alle Curven dieselben bleiben; $n + 1$ ist die Zahl der gegebenen Ordinaten innerhalb des Intervalles Δ. Nimmt man nun die Zeit für die Abscissen t und die beobachteten Temperaturen für die Ordinaten y, so giebt $\int ydt$ oder

$$AR + A'R' + A''R'' + \ldots.\ A^{(n)}R^{(n)}$$

die mittlere Wärme für den Zeitabschnitt Δ, den wir $= 1$ setzen können. Wenn nun die Beobachtungszeiten innerhalb jener Zeiteinheit und als Bruchwerthe derselben ausgedrückt, respective mit α, α', α''.... bezeichnet werden, so hat man sie diesen Untersuchungen zufolge so zu wählen, wie es die folgende Tafel zeigt, worin sie und zugleich die entsprechenden Werthe für R, R', R''.... bis auf 7 Decimalstellen enthalten sind. Nämlich

1) für 2 Beobachtungen

$\alpha = 0{,}2113249$; $R = \frac{1}{2}$

$\alpha^{I} = 0{,}7886751$; $R^{I} = \frac{1}{2}$.

2) für 3 Beobachtungen

$\alpha = 0{,}1127017$; $R = \frac{5}{18}$

$\alpha^{I} = 0{,}5$; $R^{I} = \frac{8}{18}$

$\alpha^{II} = 0{,}8872983$; $R^{II} = \frac{5}{18}$.

3) für 4 Beobachtungen

$\alpha = 0{,}0694318$; $R = 0{,}1739274$;

$\log R = 0{,}2403681 - 1$

$\alpha^{I} = 0{,}3300095$; $R^{I} = 03260726$;

$\log R^{I} = 0{,}5133143 - 1$

$\alpha^{II} = 0{,}6699905$; $R^{II} = R^{I}$

$\alpha^{III} = 0{,}9305682$; $R^{III} = R$.

4) für 5 Beobachtungen

$\alpha = 0,0469101$; $R = 01184634$;
$\log R = 0,0735843 - 1$

$\alpha^{I} = 0,2307653$; $R^{I} = 0,2393143$;
$\log R^{I} = 0,3789687 - 1$

$\alpha^{II} = 0,5$; $R^{II} = 0,2844444$;
$\log R^{II} = 0,4539975 - 1$

$\alpha^{III} = 0,7692347$; $R^{III} = R^{I}$

$\alpha^{IV} = 0,9530899$; $R^{IV} = R$.

5) für 6 Beobachtungen

$\alpha = 0,0337652$; $R = 0,0856622$;
$\log R = 0,9327895 - 2$

$\alpha^{I} = 0,1693953$; $R^{I} = 0,1803808$;
$\log R^{I} = 0,2561903 - 1$

$\alpha^{II} = 0,3806094$; $R^{II} = 0,2339570$;
$\log R^{II} = 0,3691360 - 1$

$\alpha^{III} = 0,6193906$; $R^{III} = R^{II}$

$\alpha^{IV} = 0,8306047$; $R^{IV} = R^{I}$

$\alpha^{V} = 0,9662348$; $R^{V} = R$

6) für 7 Beobachtungen

$\alpha = 0,0254460$; $R = 0,0647425$;
$\log R^{I} = 0,8111894 - 2$

$\alpha^{I} = 0,1292344$; $R^{I} = 0,1398527$;
$\log R^{I} = 0,1456708 - 1$

$\alpha^{II} = 0,2970774$; $R^{II} = 0,1909150$;
$\log R^{II} = 0,2808401 - 1$

$\alpha^{III} = 0,5$; $R^{III} = 0,2089796$;
$\log R^{III} = 0,3201039 - 1$

$\alpha^{IV} = 0,7029226$; $R^{IV} = R^{II}$

$\alpha^{V} = 0,8707656$; $R^{V} = R^{I}$

$\alpha^{VI} = 0,9745540$; $R^{VI} = R$.

Gesetzt, man wolle die Temperatur des Januar zu Padua durch 4 Beobachtungen bestimmen, und man rechnet den Anfang der Coordinaten vom Mittage an, so wird die erste dieser Beobachtungen um $0,0694 \times 24 = 1^h,7$, die zweite um $0,33 \times 24 = 7^h,9$, die dritte um $0,67 \times 24 = 16^h,1$, die vierte um $0,9306 \times 24 = 22^h,3$ angestellt; von diesen Beobachtungen wird die erste und vierte mit 0,1739, die zweite und dritte mit 0,3261 multiplicirt. Werden die diesen Momenten entsprechenden Temperaturen nach den oben gegebenen Formeln aufgesucht, so erhalten wir $5^\circ,59$, $8^\circ,90$, $2^\circ,61$ und $3^\circ,83$; nach Ausführung der nöthigen Multiplicationen ergiebt sich als Mittel $3^\circ,76$, während alle 24 Beobachtungen $3^\circ,71$ gaben. Ich habe diese Methode bei 4 und 6 Beobachtungen in verschiedenen Monaten in Padua und Leith geprüft und mich vollkommen von ihrer Anwendbarkeit überzeugt. Es scheint darnach keinesweges erforderlich, das Mittel der Beobachtungen in der Nacht und am Tage einzeln aufzusuchen, wie dieses Poggendorff vermuthet hatte [10]).

Um die mittlere Luftwärme eines Tages zu finden, kann man sich noch verschiedener anderer Methoden bedienen; ein sehr einfaches Verfahren dazu hat Graßmann vorgeschlagen [11]). Ein Pendel ohne Compensation, welches im Freien vor Luftzug, Regen und directer Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt hängt, wird mit einer Uhr verbunden, sein Gang anfänglich neben einem Thermometer beobachtet, darnach seine Acceleration oder Retardation bei bekannten Wärmegraden bestimmt, und aus dem Gange der Uhr während eines Tages in der Folge die mittlere Temperatur des Ortes hergeleitet. Möge diese Bestimmungsart praktisch anwendbar seyn oder nicht, so verdiente sie wohl, daß sie durch einen directen Versuch geprüft würde.

Wenn die Beobachtungen der täglichen Wärme zu Zeiten angestellt werden, daß ihr arithmetisches Mittel nicht dem wahren Mittel gleich ist, so ist leicht begreiflich, daß die Fehler desto kleiner werden, je geringer die täglichen Oscillationen des Instru-

---

10) l. l. S. 414.

11) Poggendorff's Annalen IV, 419.

mentes sind. Deshalb empfiehlt Poggendorff [12]), ein Thermometer mit einer die Wärme schlecht leitenden Masse von solcher Größe zu umgeben und vor Regen und Sonnenschein geschützt in freier Luft aufzuhängen, daß wenige Beobachtungen am Tage hinreichen, aus dem arithmetischen Mittel derselben die mittlere Wärme mit Sicherheit zu erhalten.

Mir sind bis jetzt keine Messungen bekannt, welche auf diese Art angestellt sind, denn einige Beobachtungen, bei denen Thermometer in Bäume gesenkt wurden, deren Stand man dann aufzeichnete, wurden in einer andern Absicht angestellt, und die Aufzeichnungen älterer Meteorologen, die nicht selten in von der Sonne beschienenen Zimmern gemacht wurden, gehören allerdings in diese Klasse, leiden aber an so vielen andern Fehlern, daß wir keine Rücksicht auf sie nehmen dürfen. Dagegen Beobachtungen von Thermometern, deren Kugeln bis zu geringer Tiefe in den Boden gesenkt wurden und die hieher gehören, sind öfter gemacht worden. Eine nothwendige Bedingung aber bei Anstellung dieser Reihe von Messungen ist, daß das Thermometer eine so lange Röhre habe, daß man den Stand desselben ablesen kann, ohne das Instrument herauszunehmen, weil sonst die Luft Einfluß auf seine Angaben hat. Die älteste längere Reihe von Messungen dieser Art ist die des Kaufmanns Ott in Zürich, welcher dieselbe fünf Jahre hindurch fortsetzte [13]); aber die Tagebücher welche derselbe der physikalischen Gesellschaft in Zürich mittheilte, sind meines Wissens nie bekannt gemacht. In der Folge hat Ferguson von Raith zu Abbotshall in Fife während der Jahre 1816 und 1817 Thermometer beobachtet, deren Kugeln sich 1, 2, 3, 4 Fuß unter der Oberfläche des Bodens befanden; ich kenne jedoch nur die von Ure [14]) mitgetheilten monatlichen Mittel. Die neueste Reihe von Messungen ist die von Muncke [15]) anfänglich in Heidelberg und späterhin in Schwetzingen

12) Poggendorff's Annalen IV, 417.

13) Lambert's deutscher gelehrter Briefwechsel, herausgeg. von Joh. Bernoulli. 8. Berlin Bd. II. S. 188—199.

14) Ure Handwörterbuch der praktischen Chemie. 8. Weimar 1825. Art. Klima. S. 363.

15) Gehler's Wörterbuch N. A. Art. Erde. III, 987.

gen angestellte. Er senkte Thermometer in 1,5; 3 und 5 Fuß Tiefe. In Betreff des täglichen Ganges bemerkt derselbe, daß die Einflüsse der täglichen Veränderungen der Wärme noch bis zu 1,5 Fuß Tiefe reichen und in 3 Fuß Tiefe verschwinden, indem das in der letzten Tiefe befindliche Thermometer die stärksten Einflüsse erhöhter oder verminderter Wärme, z. B. durch die Sonnenstrahlen oder den Regen, selten schon am zweiten, meistens erst am dritten Tage oder später bemerkbar machte. Nach einer mir mündlich mitgetheilten Aeußerung dieses Beobachters ist dieses das sicherste Verfahren, die mittlere Wärme eines Ortes zu bestimmen.

Das bisher Gesagte möge genügen, die Methoden anzugeben, vermittelst deren man die Temperatur der einzelnen Tage bestimmen kann. Es mag allerdings kleinlich erscheinen, daß ich bei diesem Gegenstande so lange verweilte; wenn aber verlangt wird, daß die Thermometer, deren sich die Beobachter bedienen, genau calibrirt und sorgfältig geprüft seyen, so würde es unzweckmäßig seyn, mit guten Instrumenten Messungen anzustellen, welche noch mit constanten Fehlern behaftet sind. Da nun die Wärme eins der wichtigsten in der Meteorologie zu behandelnden Elemente ist, so müssen wir uns vorzugsweise bemühen, hier genaue Größen zu erhalten, zumal wenn wir künftigen Physikern Elemente hinterlassen wollen, durch welche bestimmt werden kann, ob die Wärme der Atmosphäre sich im Laufe der Jahrhunderte ändere oder nicht.

Nachdem wir auf diese Art gelernt haben, wie wir die mittlere Temperatur der einzelnen Tage bestimmen können, bleibt uns der Gang der Wärme während des ganzen Jahres übrig. Das einfachste Verfahren dieses zu thun, und welches wir hier zunächst anwenden wollen, ist die Betrachtung der mittleren Temperaturen der ganzen Monate. Nehmen wir aus den Wärmegraden der einzelnen Tage im Monate das Mittel, so erhalten wir die Temperatur, welche sehr nahe der Mitte des Monates entsprechen würde, und diese Größe wollen wir als die mittlere Wärme des Monates ansehen. Auf diese Art erhalten wir für das Jahr zwölf Größen; das arithmetische Mittel derselben ist sehr nahe der mittleren Temperatur des Jahres gleich [16]), und

16) Hällström in Poggendorff's Annalen IV, 409.

daher wollen wir diese Größe bei allen unseren Untersuchungen zum Grunde legen.

Lange Zeit machte die mittlere Temperatur des Jahres die Basis aller klimatologischen Untersuchungen aus, ohne daß jedoch näher untersucht wurde, ob diese Größe durch Beobachtungen von wenigen Jahren hinreichend scharf bestimmt werden könnte. Erst A. v. Humboldt unternahm diese Arbeit, und indem er eilfjährige Beobachtungen zu Genf und Paris benutzte, fand er, daß schon die Beobachtungen eines einzigen Jahres in mittleren Breiten ein der Wahrheit sehr nahe kommendes Resultat gäben [17]), so daß wir schon nach mehreren Jahren die mittlere Jahreswärme mit großer Sicherheit erhalten. Ich will hier die Resultate der Messungen mittheilen, welche Dalton 25 Jahre hindurch zu Manchester [18]), und Joseph Maria Bouvard 21 Jahre hindurch zu Paris [19]) angestellt haben.

Jahr	Manchester		Paris	
	Mittel	Abweichung	Mittel	Abweichung
1794	8°,9	+ 0°,2		
1795	8,0	— 0,7		
1796	9,3	+ 0,6		
1797	9,6	+ 0,9		
1798	9,7	+ 1,0		
1799	7,0	— 1,7		
1800	8,3	— 0,4		
1801	8,8	+ 0,1		
1802	8,6	— 0,1		
1803	8,4	— 0,3		
1804	9,0	+ 0,3		

17) Mémoires d'Arcueil III, 559.

18) Annals of philosophy XV, 251.

19) A. Bouvard in den Mém. de l'Acad. roy. des Scienc. de l'Institut de France VII, 327.

Jahr	Manchester Mittel	Manchester Abweichung	Paris Mittel	Paris Abweichung
1805	8,9	+ 0,2		
1806	8,6	— 0,1	12°,08	+ 1°,27
1807	8,3	— 0,4	10,76	— 0,05
1808	8,7	0	10,35	— 0,46
1809	8,5	— 0,2	10,64	— 0,17
1810	8,6	— 0,1	10,62	— 0,19
1811	9,6	+ 0,9	11,97	+ 1,16
1812	8,4	— 0,3	9,89	— 0,82
1813	9,1	+ 0,4	10,24	— 0,57
1814	7,4	— 1,3	9,80	— 1,01
1815	7,9	— 0,8	10,49	— 0,32
1816	8,4	— 0,3	9,40	— 1,41
1817	9,2	+ 0,5	10,41	— 0,40
1818	9,8	+ 1,1	11,39	+ 0,58
1819			11,12	+ 0,31
1820			9,81	— 1,00
1821			11,06	+ 0,25
1822			12,10	+ 1,29
1823			10,40	— 0,41
1824			11,15	+ 0,34
1825			11,67	+ 0,86
1826			11,44	+ 0,63
Allgemeines Mittel	8°,7		10,81	

Die obige Tafel zeigt hinreichend, daß wir die mittlere Temperatur der Jahre schon durch kürzere Beobachtungsreihen erhalten können; hätten wir z. B. in Manchester nur im Jahre 1799 oder in Paris nur im Jahre 1806 beobachtet, so hätten sich die Resultate nur um 1°,7 oder 1°,3 von dem Mittel vieljähriger Messungen entfernt. Die Mittel von fünf auf einander folgenden Jahren geben schon Größen, welche sich von dem allgemeinen Mittel wenig entfernen.

Bei weitem größer dagegen sind die Abweichungen in den Temperaturen einzelner Monate in verschiedenen Jahren, und es ist daher zur scharfen Bestimmung derselben eine längere Beob-

achtungsreihe erforderlich. Diese Differenzen jedoch sind in den Wintermonaten größer als im Sommer, wie folgende aus Dalton's Journal entnommene Reihe für den Januar und Julius zeigt.

Jahr	Januar		Julius	
	Beobachtet	Abweichung	Beobachtet	Abweichung
1794	—0°,2	—2°,3	16°,7	+1°,5
1795	—4,3	—6,4	16,1	+0,9
1796	6,7	+4,5	14,2	—1,0
1797	4,8	+2,7	16,1	+0,9
1798	4,7	+2,6	16,1	+0,9
1799	1,4	—0,7	13,9	—1,3
1800	2,5	+0,4	14,9	—0,3
1801	4,1	+2,0	14,5	—0,7
1802	1,2	—0,9	13,0	—2,2
1803	1,7	—0,4	16,0	+0,8
1804	6,1	+4,0	13,9	—1,3
1805	1,3	—0,8	16,1	+0,9
1806	3,4	+1,3	15,0	—0,2
1807	2,4	+0,3	16,2	+1,0
1808	2,3	+0,2	17,8	+2,6
1809	1,1	—1,0	14,2	—1,0
1810	1,7	—0,4	14,9	—0,3
1811	1,2	—0,9	15,3	+0,1
1812	2,7	+0,6	13,3	—1,9
1813	1,7	—0,4	15,6	+0,4
1814	—3,1	—5,2	14,5	—0,7
1815	—1,2	—3,3	12,2	—3,0
1816	2,9	+0,8	13,9	—1,3
1817	4,3	+2,2	14,2	—1,0
1818	3,8	+1,7	18,9	+3,7
Mittel	2,1		15,2	

Wenn wir an verschiedenen Orten die jährlichen Temperaturcurven vergleichen, so zeigt sich hier ein wichtiger klimatischer Unterschied. In mittleren und höheren Breiten nimmt nämlich die Wärme vom Januar bis zum Julius mehr oder weniger schnell zu, und sinkt von hier aufs Neue bis zum Januar, dergestalt,

daß die Curve Ein Maximum und Ein Minimum hat. Anders verhält es sich zwischen den Wendekreisen. Die Temperatur steigt an Orten der nördlichen Halbkugel ebenfalls vom Januar bis zum April oder Mai; darauf ist sie vielleicht einige Monate constant, oder sie sinkt auch wohl im Junius und Julius, steigt dann aufs Neue bis zum September und sinkt endlich bis zum Januar, dergestalt, daß wir hier zwei Maxima und Minima der jährlichen Wärme haben. Es hängen diese fast in jeder Breite verschiedenen Biegungen der Curve von dem hygrometrischen Zustande der Atmosphäre ab, weshalb wir uns hier zunächst damit begnügen, den Gang der Wärme während des Jahres nur in mittleren und höheren Breiten zu betrachten.

Folgende Tafel enthält die Temperaturen der einzelnen Monate an verschiedenen Orten nach mehrjährigem Durchschnitte:

Monat	Enontekis [20]	Christiania [21]	Upsala [22]
Januar	—17°,50	— 4°,33	— 5°,49
Februar	—18,06	— 2,91	— 2,98
März	—11,40	— 1,03	— 1,48
April	— 3,00	2,51	4,58
Mai	2,50	9,10	9,55
Junius	9,70	14,62	14,54
Julius	15,33	16,86	17,07
August	13,36	15,85	15,75
September	5,40	11,24	10,97
October	— 2,50	4,93	6,03
November	—10,98	0,97	0,08
December	—17,20	— 3,74	— 3,95
Jahr	— 2,86	5,33	5,39

20) In Lappland, 3jähr. Beob. von Grape, berechnet von Wahlenberg Flora Lapponica p. XLIV.

21) 2jähr. Beob. (1807—8) der Generalin von Wackenitz bei Leop. v. Buch Reise durch Norwegen (I, 93); 7jähr. Beob. (1816—22) von Esmark im Magazin for Naturvidenskaberne Heft 1, und 3jähr. Beob. (1823—25) von Hansteen in jedem Hefte des Magaz. for Naturvidenskaberne.

22) 30jähr. Beob. (1774—1803) von Prosperin, Holmquist und Schilling, mitgetheilt von Buch (Reise durch Norwegen und Lappland II, 322) und von Schouw (Pflanzengeographie S. 202) auf wahre Mittel reducirt.

Monat	Fort Sullivan [23]	Manchester [24]	Paris [25]	Turin [26]	Padua [27]
Januar	— 6°,59	2°,11	2°,05	0°,17	0°,94
Febr.	— 6,17	3,61	4,75	2,68	1,87
März	— 0,75	4,78	6,48	6,73	6,99
April	3,66	7,94	9,83	11,37	11,56
Mai	8,62	11,11	14,55	16,19	16,51
Junius	13,18	14,00	16,97	20,24	21,80
Julius	16,98	15,22	18,61	22,40	24,53
August	16,38	15,22	18,44	22,53	23,09
Sept.	13,23	13,11	15,76	18,21	19,51
Octbr.	7,87	9,53	11,35	12,67	12,21
Novbr.	1,75	5,28	6,78	5,90	6,75
Decbr.	— 2,76	2,72	3,96	1,13	2,28
Jahr	5,45	8,70	10,81	11,68	12,34

Alle diese Beobachtungen zeigen, daß die Wärme im Januar am kleinsten, im Julius oder August dagegen am größten ist; daß sie sich zur Zeit der Extreme am wenigsten, dagegen im April und October am schnellsten ändert. Wenn jedoch diese Curven verzeichnet werden, so zeigen sich manche Anomalien, welche daher rühren, daß die Messungen nicht hinreichend lange fortgesetzt sind. Um diese zu entfernen und den Gang der jährlichen Temperatur besser zu übersehen, müssen wir einen Ausdruck aufsuchen, welcher das Gesetz der Curve ziemlich annä-

23) In 44° N und 67° 4′ W. (von Greenw.) 4jähr. Beob. (1822—25) mitgetheilt von Lovell im Meteorological register for the years 1822, 23, 24 and 25 from observations made by the Surgeons of the Army at the Military posts of the united states. 4. Washington 1826. Wahre Mittel.

24) 25jähr. Beob. (1794—1818) von Dalton in Annals of philosophy XV, 251.

25) 21jähr. Beob. (1806—26) von Bouvard in den Mém. de l'Acad. des Sciences de l'Insitut de France VII, 326.

26) 20jähr. Beob. (1787—1806) von Bonin, mitgetheilt von Vassali-Eandi in den Mém. de Turin 1805—1808. S. 25.

27) 7jähr. Beob. (1781—88) von Toaldo in den Mannheimer Ephemeriden.

Monat	Rom [28])	Capstadt [29])	Fort Johnston [30])	Abuscheher [31])
Januar	7°,78	14°,21	11°,26	16°,39
Febr.	8,46	15,87	10,67	17,78
März	10,75	16,61	14,46	19,58
April	13,73	18,39	18,36	23,47
Mai	17,77	21,19	23,06	28,33
Junius	21,33	22,43	25,78	32,08
Julius	23,55	23,54	27,47	34,31
August	23,67	24,42	26,85	33,61
Sept.	20,76	22,64	24,23	31,42
Octbr.	16,60	19,49	20,40	27,43
Novbr.	11,98	16,74	15,09	20,56
Decbr.	8,87	14,38	12,05	15,42
Jahr	15,48	19,16	19,22	25,03

hernd ausdrückt. Auch hier könnten wir die Einwirkung der Sonne und die in jedem Monate erfolgende Ausstrahlung der Wärme zum Grunde legen; es scheint mir jedoch zweckmäßiger, den oben für den Gang der täglichen Temperatur gegebenen Ausdruck auch hier anzuwenden, wie dieses schon früher Walbeck [32]), Hällström [33]) und unter etwas anderer Gestalt

28) 10jähr. Beob. (1783—92) von Calandrelli in den Mannheimer Ephemeriden, berechnet von Brandes (Beiträge zur Witterungskunde S. 10), und 7jähr. Beob. (1811—1817) von Conti und Calandrelli, mitgetheilt von Schouw (Pflanzengeographie S. 212).

29) 8jähr. Beob. (1819—26), mitgetheilt von L. v. Buch (Poggendorff's Annalen XV, 316). Der allgemeinen Uebersicht wegen habe ich die Messungen des Julius in den Januar verlegt, und eben dieses ist mit den übrigen Monaten der Fall.

30) In den vereinigten Staaten in 34° 0′ N. und 78° 5′ W. (Greenw.); 4jähr. B. (1822—25) aus der unter (23) genannten Schrift Lovell's.

31) Am persischen Meerbusen in 28° 15′ N. und 50° 54′ O. (Greenw.); Beob. im Jahre 1803 von Jukes, mitgetheilt von Malcolm History of Persia II, 505.

32) Zach Correspond. astronomique 1820. Cah. 6. p. 564.

33) Poggendorff's Annalen IV, 406.

Bouvard[34]) gethan haben. Zu dem Behufe geben wir jedem Monate eine gleiche Länge von 30 Tagen und denken uns das Jahr als einen Kreis, in welchem wir Polarcoordinaten ziehen, einem jeden Monate gehört dann ein Bogen von 30°; bezeichnet T_n die dem nten Monate entsprechende Temperatur, den Anfangspunkt des Jahres vom 15ten Januar an gerechnet, ist t die mittlere Wärme des Jahres, und sind u', u'', u''' .... constante durch die Beobachtungen zu bestimmende Coefficienten, v', v'', v''' .... eben solche Winkel, so können wir annehmen, es sey

$$T_n = t + u' \sin(n.30^\circ + v') + u'' \sin(n.60^\circ + v'') + u''' \sin(n.90^\circ + v''') + \ldots.$$

Für unsere Untersuchungen genügen im Allgemeinen die drei ersten Glieder auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens; es ist mithin

$$T_n = t + u' \sin(n.30^\circ + v') + u'' \sin(n.60^\circ + v'')$$

Sind hier die Constanten bestimmt, so lassen sich die Tage, an welchen die kleinste, mittlere und größte Wärme eintritt, mit Leichtigkeit angeben. Für die Extreme erhalten wir nämlich die Gleichung

$$0 = u' \cos(n.30^\circ + v') + 2u'' \cos(n.60^\circ + v'')$$

Da man die Wurzeln dieser Gleichung sehr nahe kennt, so ist meinen Erfahrungen zufolge das einfachste Verfahren, dieselben scharf zu bestimmen, folgendes. Entwickeln wir den obigen Ausdruck und setzen $n.30^\circ = z$, so wird

$$0 = u' \cos v' \cos z - u' \sin v' \sin z + 2u'' \cos v'' \cos 2z - 2u'' \sin v'' \sin 2z.$$

Drückt man hier cos z und cos 2 z durch sin z und sin 2 z aus, setzt sodann $\sin z = x$, so erhält man nach Ausführung der nöthigen Reductionen die Function

$$fx = x^4 + Ax^3 + Bx^2 + Cx + D.$$

Nehmen wir das Differenzialverhältniß derselben und bezeichnen dieses mit Lagrange durch $f'x$, so wird

$$f'x = 4x^3 + 3Ax^2 + 2Bx + C.$$

34) Mémoires de l'Acad. des Sc. de l'Institut de France VII, 300.

Wird in beide der erste angenäherte Werth x' von x gesetzt, und bezeichnen wir dann den Quotienten $\frac{fx}{f'x}$ durch z, so wird

$$x' - z$$

ein zweiter angenäherter Werth von x, mit welchem man ferner dieselbe Operation vornehmen kann. Dieses längst bekannte Verfahren für die Auflösung höherer Gleichungen führt hier, wo man die Wurzeln sehr nahe kennt, weit schneller zum Ziele, als verschiedene andere von mir versuchte Methoden.

Eben so können wir vermittelst der obigen Gleichung die Tage bestimmen, an denen das Mittel eintritt. Hier wird $T_n = t$, mithin die Gleichung

$$0 = u' \sin(n . 30^\circ + v') + u'' \sin(n . 60^\circ + v''),$$

deren Wurzeln durch dasselbe Verfahren bestimmt werden.

Die oben angegebene Formel setzt voraus, daß das Jahr vom 15ten Januar an gerechnet werde. Wollen wir es mit dem 1sten Januar anfangen, so verwandelt sich dieselbe in folgende:

$$T_n = t + u' \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\ 30^\circ + v' - 15^\circ\right\}$$
$$+ u'' \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\ 60^\circ + v'' - 30^\circ\right\}.$$

Werden für die oben erwähnten Orte die Constanten entwickelt, so erhalten wir folgende Ausdrücke:

Enontekis:

$$T_n = -2^\circ{,}8625 + 16^\circ{,}620 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\ 30^\circ + 251^\circ\ 59'\right\}$$
$$+ 1^\circ{,}0658 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\ 60^\circ + 14^\circ\ 21'\right\}$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler $\varepsilon''(T_n) = 0^\circ{,}629$.

Christiania:

$$T_n = 5^\circ{,}3312 + 10^\circ{,}639 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\ 30^\circ + 249^\circ\ 26'\right\}$$
$$+ 1^\circ{,}1865 \sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\ 60^\circ + 44^\circ\ 29'\right\}$$

mit dem wahrscheinlichen Fehler $\varepsilon''(T_n) = 0^\circ{,}302$.

Upsala:

$$T_n = 5^\circ,3892 + 10^\circ,980 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 251^\circ\, 23'\right\}$$
$$+ 0^\circ,5932 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 30^\circ\, 15'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,312.$$

Fort Sullivan:

$$T_n = 5^\circ,4500 + 11^\circ,449 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 243^\circ\, 31'\right\}$$
$$+ 0^\circ,2729 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 331^\circ\, 3'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,399.$$

Manchester:

$$T_n = 8^\circ,7025 + 6^\circ,718 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 249^\circ\, 46'\right\}$$
$$+ 0^\circ,5336 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 342^\circ\, 38'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,160.$$

Paris:

$$T_n = 10^\circ,7955 + 8^\circ,044 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 251^\circ\, 13'\right\}$$
$$+ 0^\circ,7728 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 314^\circ\, 31'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,209.$$

Turin:

$$T_n = 11^\circ,6850 + 11^\circ,156 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 252^\circ\, 41\right\}$$
$$+ 1^\circ,0055 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 313^\circ\, 41'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,129.$$

Padua:

$$T_n = 12^\circ,3367 + 11^\circ,686 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 245^\circ\, 52'\right\}$$
$$+ 0^\circ,6382 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 351^\circ\, 17'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,286.$$

Rom:

$$T_n = 15^\circ,4833 + 8^\circ,133 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 245^\circ\, 21'\right\}$$
$$+ 0^\circ,6825 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 356^\circ\, 14'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,0897.$$

Capstadt:

$$T_n = 19^\circ,1592 + 4^\circ,845 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 30^\circ + 249^\circ\, 58'\right\}$$
$$+ 0^\circ,7111 \sin\left\{\left(n+\tfrac{1}{2}\right) 60^\circ + 327^\circ\, 43'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,200.$$

Fort Johnston:

$$T_n = 19^\circ,2233 + 8^\circ,440 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 250^\circ\,31'\right\}$$
$$+ 0^\circ,2705 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 18^\circ\,28'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,368.$$

Abuscheher:

$$T_n = 25^\circ,0317 + 9^\circ,384 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 247^\circ\,47'\right\}$$
$$+ 0^\circ,8746 \sin\left\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 322^\circ\,20'\right\}$$
$$\varepsilon''(T_n) = 0^\circ,473.$$

Ich habe an einem andern Orte [35]) die beobachteten Werthe mit den berechneten für jeden dieser Punkte einzeln verglichen; die wahrscheinlichen Fehler, welche ich oben mitgetheilt habe, geben einen ungefähren Begriff von der Richtigkeit der Formeln. Hier begnüge ich mich damit, diese Vergleichung für Manchester anzustellen; freilich ist dieses einer von den Punkten, an welchen die Uebereinstimmung am größten ist; ich habe ihn jedoch vorzugsweise deshalb gewählt, weil die von Dalton für jeden einzelnen Monat mitgetheilten Temperaturen mich in den Stand setzten, den wahrscheinlichen Fehler, mit welchem das arithmetische Mittel eines jeden Monates noch behaftet ist, anzugeben. Die in folgender Tafel mit E bezeichnete Spalte enthält denselben.

Monat	Beobachtet	Berechnet	Unterschied	E
Januar	2°,11	2°,14	+0°,03	1°,60
Februar	3,61	3,08	—0,53	1,01
März	4,78	5,22	+0,44	0,89
April	7,94	7,97	+0,03	1,15
Mai	11,11	11,01	—0,10	1,06
Junius	14,00	13,80	—0,20	0,90
Julius	15,22	15,49	+0,27	1,01
August	15,22	15,34	+0,14	0,64
September	13,11	12,97	—0,24	0,89
October	9,33	9,20	—0,13	0,95
November	5,28	5,38	+0,10	1,11
December	2,72	2,82	+0,10	0,99

35) Schweigger Jahrbuch N. R. XXV, 380—396.

Es ist hier also der kleinste wahrscheinliche Fehler des arithmetischen Mittels aus 25jährigen Beobachtungen, noch größer als die größte Abweichung zwischen dem beobachteten und berechneten Werthe. Und ganz etwas Aehnliches zeigen Bouvard's Messungen in Paris, so daß wir wohl annehmen dürfen, daß die gegebenen Ausdrücke der Natur sehr nahe entsprechen.

Vergleichen wir nun die gefundenen Formeln näher, so zeigen alle eine große Uebereinstimmung unter einander; ein Beweis, daß die Vertheilung der Wärme in Europa, Asien, America und dem südlichen Africa, für mittlere Temperaturen von $-2^\circ,86$ bis $25^\circ,03$ sehr nahe dasselbe Gesetz befolgt. Bleiben wir zunächst bei dem Coefficienten u' stehen, so läßt sich derselbe sehr leicht allgemein bestimmen. Bezeichnen wir nämlich die Temperatur des wärmsten Monates mit M, die des kältesten mit m, so können wir annehmen, es sey

$$u' = \tfrac{1}{2}(M - m).$$

Die folgende Tafel enthält eine Vergleichung dieser beiden Größen an den obigen Orten:

Ort	u'	$\frac{1}{2}(M-m)$	Unterschied
Enontekis	16,620	16,695	$+0^\circ,075$
Christiania	10,639	10,595	$-0,044$
Upsala	10,980	11,280	$+0,300$
Fort Sullivan	11,449	11,785	$+0,336$
Manchester	6,718	6,555	$-0,163$
Paris	8,044	8,280	$+0,236$
Turin	11,156	11,180	$+0,024$
Padua	11,686	11,795	$+0,109$
Rom	8,133	7,945	$-0,188$
Capstadt	4,845	5,105	$+0,260$
Fort Johnston	8,440	8,105	$-0,335$
Abasheher	9,384	9,445	$+0,061$

Die Unterschiede zwischen beiden Größen zeigen durchaus kein von der Polhöhe abhängiges Gesetz; bald ist $\frac{1}{2}(M-m)$ kleiner, bald größer als u'; wenn beide Größen nicht vollkommen gleich seyn sollten, so möchte u' wohl etwas kleiner seyn als $\frac{1}{2}(M-m)$.

wenigstens ist die Summe der positiven Differenzen etwas größer, als die der negativen.

Nicht minder groß ist die Uebereinstimmung zwischen den Werthen des Hülfswinkels v′. Es beträgt derselbe nämlich

Enontekis	251° 59′
Christiania	249. 26
Upsala	251. 23
Fort Sullivan . .	243. 31
Manchester . . .	249. 46
Paris	251. 13
Turin	252. 41
Padua	245. 52
Rom	245. 21
Capstadt	249. 38
Fort Johnston . . .	250. 31
Abusheher	247. 47

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Werthen dieses Winkels scheinen ihren Grund darin zu haben, daß die mittleren Temperaturen der einzelnen Monate noch nicht durch eine hinreichende Anzahl von Beobachtungen bestimmt sind, wenigstens zeigen diese Größen keine Spur einer Abhängigkeit von der Polhöhe oder mittleren Wärme. Wir können daher ohne großen Fehler annehmen, daß der mittlere Werth von v′, nämlich 248° 54′, der Natur entspreche.

Schwieriger ist die allgemeine Bestimmung der beiden Constanten u″ und v″; da das Glied, in welchem diese Größen vorkommen, stets nur einen sehr geringen Einfluß auf die Bestimmung der mittleren Wärmegrade hat, da ferner die Unregelmäßigkeiten im Gange der Temperatur einen größeren Einfluß auf die Werthe von u″ und v″, als auf die von u′ und v′ zu äußern scheinen; so ist leicht begreiflich, daß die Differenzen zwischen den Werthen von u″ und v″ größer seyn werden, als dieses bei u′ und v′ der Fall war. Ich glaube indessen, daß wir uns nicht viel von der Wahrheit entfernen, wenn wir annehmen, es sey u″ eben so wie u′ eine Function von M — m; setzen wir

der Einfachheit wegen, es sey $u'' = p\,(M - m)$, so wird nach einem Mittel aus den oben gefundenen Größen sehr nahe

$$u'' = \tfrac{1}{30}\,(M - m).$$

Stellen wir die Werthe von v'' zusammen, so erhalten wir folgende Tafel:

Enontekis	374° 21′
Christiania	404. 29
Upsala	390. 15
Fort Sullivan	331. 3
Manchester	342. 32
Paris	314. 31
Turin	313. 41
Padua	351. 17
Rom	356. 14
Capstadt	327. 43
Fort Johnston	378. 20
Abusheher	322. 20

Nehmen wir das Mittel dieser Größen, so erhalten wir

$$v'' = 353^\circ\,46'.$$

Bezeichnet demnach t die mittlere Temperatur eines Ortes, M und m die des wärmsten und kältesten Monates, so können wir die dem nten Monate entsprechende Temperatur ausdrücken durch

$$T_n = t + \tfrac{1}{2}(M - m)\sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\,30^\circ + 248^\circ\,54'\right\} + \tfrac{1}{30}(M - m)\sin\left\{(n + \tfrac{1}{2})\,60^\circ + 353^\circ\,46'\right\} \quad (A)$$

Ich habe an einem andern Orte [36]), die nach dieser allgemeinen Formel berechneten Werthe mit den beobachteten Größen verglichen und darnach zeigen beide eine gute Uebereinstimmung.

Stellen wir die Tage zusammen, an denen die Extreme eintreten, so erhalten wir

Enontekis	20 Januar	26 Julius
Christiania	17 Januar	20 Julius
Upsala	16 Januar	21 Julius

36) Schweigger Jahrb. I. 1.

Fort Sullivan	24 Januar	29 Julius
Manchester	12 Januar	27 Julius
Paris	15 Januar	28 Julius
Turin	3 Januar	27 Julius
Padua	15 Januar	26 Julius
Rom	16 Januar	1 August
Capstadt	6 Januar	4 August
Fort Johnston	18 Januar	21 Julius [37])
Abusheher	12 Januar	18 Julius.

Mir scheinen die obigen Größen durchaus keine Abhängigkeit von der Polhöhe zu zeigen, obgleich dieses mehrfach namentlich von Lindenau angenommen ist [38]). Nehmen wir das arithmetische Mittel dieser Größen, so erhalten wir für den

kältesten Tag des Jahres	14 Januar
wärmsten Tag des Jahres	26 Julius.

Stellen wir die Tage zusammen, an denen die Mittel eintreten, so erhalten wir

Enontekis	28 April	22 October
Christiania	3 Mai	14 October
Upsala	22 April	18 October
Fort Sullivan	26 April	26 October
Manchester	27 April	23 October
Paris	18 April	19 October
Turin	18 April	26 October
Padua	20 April	15 October
Rom	1 Mai	24 October
Capstadt	19 April	21 October
Fort Johnston	21 April	18 October
Abusheher	23 April	22 October.

Auch hier zeigt sich keine Spur einer Abhängigkeit von der Polhöhe oder sonstigen Beschaffenheit des Klimas. Christiania und

37) Ich habe die Monate in Capstadt der allgemeinen Uebersicht wegen eben so geordnet als in der nördlichen Halbkugel, eigentlich sind die Tage der 4te Februar fürs Maximum und der 6te Julius fürs Minimum.

38) Lindenau in Zach's monatlicher Correspondenz XV, 50.

Rom sind die beiden Punkte, an welchen die mittlere Temperatur im Frühlinge am spätesten eintritt. Wir können ohne Fehler das Mittel der obigen Größen nehmen, dann sind diejenigen Tage, an denen die mittlere Wärme eintritt,

24 April und 21 October.

Humboldt, welcher sich mit derselben Untersuchung beschäftigt hat [39]), bestimmt die Tage, an denen die mittlere Temperatur eintritt, nicht näher; er sagt nur, dieselben liegen zu Ofen zwischen den 15ten und 20sten April und 15ten und 20sten October, in Mailand zwischen den 10ten und 15ten April und 18ten bis 23sten October. Begreiflich wird es übrigens hiernach, daß die mittleren Temperaturen des April und October sehr nahe der mittleren Wärme des Jahres gleich seyn müssen, wie dieses schon früher Kirwan [40]), und späterhin v. Humboldt (l. l.) behaupteten. Die Lage der Tage zeigt indessen, daß die mittlere Wärme des April im Allgemeinen etwas zu groß seyn wird. Weit mehr stimmt die mittlere Wärme beider Monate mit der jährlichen überein. Wie groß die Differenzen dieser Wärmegrade seyen, zeigt folgende Tafel, in welcher ich nur die Unterschiede zwischen den Wärmegraden dieser Monate und der mittlern Jahreswärme mittheile. Das Zeichen + bedeutet, daß das jährliche Mittel kleiner ist, als die Wärme des Monates, mit welchem es versehen ist.

Ort	April	October	Mittel
Enontekis	— 0°,14	+ 0°,36	+ 0°,11
Christiania	— 2,82	— 0,40	— 1,61
Upsala	— 0,81	+ 0,64	+ 0,07
Fort Sullivan	— 1,79	+ 2,42	+ 0,33
Manchester	— 0,76	+ 0,63	— 0,06
Paris	— 0,96	+ 0,56	— 0,20
Turin	— 0,31	+ 0,99	+ 0,54
Padua	— 0,78	— 0,13	— 0,46
Rom	— 1,75	+ 1,12	— 0,31
Capstadt	— 0,77	+ 0,33	— 0,22
Fort Johnston	— 0,86	+ 1,18	+ 0,16
Abusheher	— 1,56	+ 2,40	+ 0,42

Durch

39) Mémoires d'Arcueil III, 554.

40) Kirwan phys. chem. Schriften von Crell III, 129.

Durch die Bestimmung dieser Tage werden wir in den Stand gesetzt, die Gränzen der einzelnen Jahreszeiten genau zu fixiren. In mittleren und höheren Breiten entscheidet man bekanntlich im Allgemeinen die vier Jahreszeiten Winter, Frühling, Sommer und Herbst, und man giebt ihnen gewöhnlich gleiche Länge. Nur scheint man darüber uneinig, welche Monate man zu den einzelnen Jahreszeiten rechnen solle. Die Eintheilung der Astronomen, nach welcher Anfang und Ende einer jeden dieser Jahreszeiten mit den entsprechenden Solstitien oder Aequinoctien zusammenfällt, scheint in der Meteorologie nicht brauchbar, sie ist es schon aus dem Grunde nicht, weil z. B. der Winter im Allgemeinen mit dem 21sten December, also mitten in einem Monate anfängt, die Resultate meteorologischer Beobachtungen aber meistens nach einem Mittel der ganzen Monate gegeben werden. Daher haben ältere und selbst neuere Meteorologen [41]) den Winter vom 1sten Januar an gerechnet, und zu jeder Jahreszeit dann drei Monate gezählt. Jedoch zeigen die vorhergehenden Tage, daß diese Eintheilung wenig naturgemäß ist. Verstehen wir einmal unter dem Winter die kalte Jahreszeit, so müssen wir derselben eine solche Lage im Jahre geben, daß die charakteristischen Eigenthümlichkeiten derselben in der Mitte am meisten hervortreten. Geben wir daher allen Jahreszeiten eine gleiche Länge von drei Monaten, so müssen wir zum Winter die drei Monate December, Januar und Februar, zum Frühlinge die Monate März, April und Mai, zum Sommer die drei Monate Junius, Julius und August, zum Herbste die drei Monate September, October und November rechnen. Hier liegt der Tag der größten, mittleren und kleinsten Wärme sehr nahe in der Mitte einer jeden Jahreszeit, denn die Abweichungen betragen wenige Tage, welche wir da übersehen dürfen, wo wir nur ganze Monate vergleichen wollen. Diese schon von vielen besseren Meteorologen angenommene Eintheilung des Jahres, deren wir uns in der Folge stets bedienen werden, verdient allgemeine Berücksichtigung.

Verschiedene andere Meteorologen haben Eintheilungen des Jahres vorgeschlagen, welche von den erwähnten abweichen. So

41) Wie Gasparin in seiner Abhandlung über den Regen, s. Regen.

nimmt Lampadius für die Erde im Ganzen folgende Jahreszeiten an: [42])

1) den immerwährenden Sommer in der Nähe des Aequators, nur durch die Regenzeit auf einige Monate unterbrochen;

2) den Wechsel zwischen Frühling und Sommer in der Nähe der Wendekreise;

3) den Wechsel zwischen Frühling und Sommer, Herbst und Winter zwischen den Breiten von 30° und 60°;

4) Den Wechsel zwischen Sommer und Winter in der Nähe der Wendekreise zwischen den Breiten von 60° und 75°;

5) den immerwährenden Winter in der Nähe der Pole, welcher nur durch einige seltene Frühlingstage unterbrochen wird.

Wenn wir verschiedene Klimate mit einander vergleichen wollen, so mag diese Eintheilung des Jahres immerhin angewendet werden, zu allgemeiner Vergleichung der Erfahrungen in verschiedenen Jahreszeiten ist sie unbrauchbar. Winde, Hydrometeore, Electricität, Barometerschwankungen zeigen ebenfalls Abhängigkeit von den Jahreszeiten, und dieselben haben dasselbe Recht zur Fixirung derselben als die Wärme. Wollten wir dann aber hiernach das Jahr aufs Neue mittheilen, so würde ein Chaos von Abschnitten erhalten werden, durch welches man sich nur mit Mühe durcharbeiten würde. Bleiben wir aber beim Gange des Thermometers stehen, so folgt dieses außerhalb der Wendekreise unveränderlich denselben Gesetzen, indem es alljährlich vom Minimum bis zum Maximum auf dieselbe Art steigt; wollen wir den absoluten Stand berücksichtigen und namentlich darauf achten, wie lange das Thermometer sich über oder unter dem Mittelpunkte der Scale befindet, so würde fast jeder Ort seine eigenen Jahreszeiten haben, ja der Engländer, welcher auf seinem Fahrenheitischen Thermometer unsern Nullpunkt mit 32 bezeichnet, würde eine ganz andere Eintheilung erhalten als wir; die Russen, welche sich noch häufig des Thermometers von de

42) Lampadius Atmosphärologie S. 225.

l'Isle bedienen, bei welchem der Siedepunkt des Wassers mit 0, der Thaupunkt des Eises mit 160 bezeichnet wird, erhielten gar keine Abtheilung dieser Art. Nehmen wir endlich darauf Rücksicht, daß der Winter diejenige Jahreszeit ist, in welcher man friert, so ist dieser Maaßstab eben so unsicher. Während sich der Eskimo bei einer Temperatur von 10 bis 15° über Hitze beschwert, klagt der Bewohner Africas dann über schneidende Kälte. Das Gefühl von Wärme und Kälte bleibt allenthalben auf der Erde gleich, wenn auch die Thermometerstände sehr ungleich sind.

Eine andere Eintheilung des Jahres hat Wucherer gegeben [43]); er theilt nämlich das Jahr in einen natürlichen Sommer (6. Mai bis 22. September), Herbst (23. September bis 1. November), Winter (2. November bis 21. März) und Frühling (22. März bis 5. Mai); wonach Winter und Sommer 140, Frühling 45 und Herbst 40 Tage dauern. Die ungleiche Dauer dieser Jahreszeiten macht die Vergleichung aller übrigen Verhältnisse schwierig, und es ist wenig wahrscheinlich, daß diese Bestimmung allgemeinen Beifall finden möchte.

Zeigt uns die bisher geführte Untersuchung, daß die Wärme auch in höheren Breiten ungeachtet aller Schwankungen denselben Gesetzen in ihrer Abnahme und in ihrem Wachsen folge, so erhält sie noch ein neues Interesse dadurch, daß sie uns in den Stand setzt, die mittleren Temperaturen von Orten annähernd zu bestimmen, an welchen der Thermometerstand kein ganzes Jahr aufgezeichnet ist. Reisende haben an sehr vielen Punkten außerhalb Europa das Thermometer einen oder mehrere Monate beobachtet; späterhin besuchten andere Europäer dieselben Orte und wiederholten diese Arbeit, aber nur an wenigen Punkten haben wir Aufzeichnungen, welche die Zeit eines ganzen Jahres umfassen. Haben die Reisenden zufällig im Januar und Julius beobachtet, dann hat die Herleitung der mittleren Temperatur keine Schwierigkeit; diese scheint größer zu seyn, wenn in beliebigen anderen Monaten beobachtet worden ist. Wenn wir jedoch erwägen, daß die Aenderungen der Temperatur von einem Monate bis zum folgenden von dem Werthe von M—m abhängen, so sind wir im Stande,

43) Wucherer die Sommertemperatur zu Karlsruhe. 4. Karlsruhe 1822. S. 52.

letztere Größe aus der ersten herzuleiten. Vergleichungen, welche ich an Orten angestellt habe, deren mittlere Temperaturen durch länger fortgesetzte Beobachtungen gefunden sind, zeigen, daß dieses Verfahren Resultate giebt, welche der Wahrheit sehr nahe kommen. Ich begnüge mich damit, die Richtigkeit dieser Methode an zwei Orten zu zeigen.

Nach fünfjährigen Beobachtungen von Marabitti ist die mittlere Temperatur von Palermo 16°,77 [44]). Gesetzt, es wäre dort nur drei Monate beobachtet, etwa im Januar, Mai und September, so läßt sich das Jahresmittel aus diesen annähernd bestimmen. Es ist die Temperatur im

Januar	10°,78		
Mai	17,71,	Unterschied	6°,93
September	21,57	. . .	3,86.

Die Summe der Unterschiede beträgt demnach 10°,79. Wir dürfen eben diese Summe nur an einem andern Orte, wo die Größe von M—m bekannt ist, aufsuchen. In Rom haben wir nun folgende Temperaturen:

Januar	7°,78		
Mai	17,77,	Unterschied	9°,99
September	20,76	. . .	2,99.

Die Summe der Unterschiede ist 12°,98. Der Werth von M—m ist in Rom 15°,89, er wird also in Palermo in dem Verhältnisse von 12°,98 zu 10°,79 kleiner, mithin 13°,24. Setzen wir diesen Werth in den oben gegebenen allgemeinen Ausdruck (A), so können wir die mittlere Wärme sehr leicht finden; bezeichnen wir diese nämlich mit x, so wird, da T_n gegeben ist, für den

Januar 10°,78 = x — 6°,40
Mai 17,71 = x + 2,24
September 21,57 = x + 4,16.

Addiren wir diese drei Gleichungen zusammen, und dividiren die Summe durch 3, so wird x = 16°,69, was mit der durch Beobachtung gefundenen Größe 16°,77 vollkommen übereinstimmt.

44) Schouw Pflanzengeographie S. 212.

In Uleo in 65°. nördlicher Breite ist nach den Beobachtungen Julin's die mittlere Temperatur 0°66 [45]). Bleiben wir hier bei denselben Monaten stehen, welche der Vergleichung in Palermo zu Grunde gelegt wurden, so erhalten wir folgende Temperaturen:

Januar	— 13°54		
Mai	4,94,	Unterschied	18,48
September	8,05		3,11.

Die Summe der Unterschiede beträgt 21°,59. Diese Größe mit der gleichartigen für Rom verglichen, giebt $M - m = 26°,49$. Darnach erhalten wir, wenn x die mittlere Jahreswärme bezeichnet

Januar	— 13°54	$= x - 12°,72$
Mai	4,94	$= x + 0,88$
September	8,05	$= x + 8,33.$

Hiernach wird $x = 0°,99$, was von der durch Beobachtungen gegebenen Größe 0°,66 nur um $\frac{1}{3}°$ abweicht.

Wenn wir demnach annehmen, daß durch dieses Verfahren die mittlere Wärme sehr nahe bestimmt werden könne, so können wir die Rechnung erleichtern, wenn wir den Coefficienten aufsuchen, mit welchem $M - m$ multiplicirt werden muß, um die Größe zu erfahren, welche zu der Wärme eines jeden Monates addirt oder von ihr subtrahirt werden muß, wenn wir die jährliche Temperatur erhalten wollen. Herr Hofrath Horner in Zürich hat dieselben berechnet und mir gefälligst mitgetheilt. Die folgende Tafel enthält diese Größen mit dem Zeichen + oder — bezeichnet, je nachdem sie zu der Wärme der zugehörigen Monate addirt oder von ihr subtrahirt werden müssen.

Januar	+ 0,4837	Julius	— 0,5107
Februar	+ 0,4235	August	— 0,4902
März	+ 0,2743	September	— 0,3135
April	+ 0,0658	October	— 0,0388
Mai	— 0,1698	November	+ 0,2368
Junius	— 0,3849	December	+ 0,4241.

45) L. v. Buch Reise durch Norwegen und Lappland II, 295.

Wir werden erst im fünften Abschnitte die Ursachen näher betrachten, welche die Temperaturverschiedenheiten bedingen, und mehr oder weniger große Unregelmäßigkeiten im Gange der jährlichen Wärme erzeugen. Eben daselbst werde ich das Verhalten der Wärme im Innern der Erde zeigen, sey es nun, daß wir Thermometer in geringer Tiefe in den Boden senken, oder daß wir die Temperatur von Brunnen und Quellen messen. Es spielen hiebei Winde und namentlich die Hydrometeore eine so bedeutende Rolle, daß ein jeder Versuch, solche hier schon zu erörtern, fruchtlos seyn würde. Ich will jetzt noch einige Phänomene im Allgemeinen betrachten, welche uns in den beiden folgenden Abschnitten schon von Wichtigkeit werden, deren specielle Betrachtung ich aber bis zum fünften Abschnitte verspare.

Bleiben wir bei den Temperaturen der einzelnen Monate stehen, so zeigt sich hier ein sehr bedeutender Unterschied zwischen der Wärme des Meeres und der des Festlandes. Die Sonnenstrahlen werden von dem undurchsichtigen Gestein größtentheils absorbirt und erhöhen dadurch seine Temperatur sehr bedeutend, mögen wir nun annehmen, daß hierbei das Licht in dunkle Wärme verwandelt wird, oder mögen wir einen andern Prozeß Statt finden lassen, dessen nähere Beschaffenheit für unsern Zweck völlig gleichgültig ist. Die Wärme der am Boden befindlichen Luftschichten muß dadurch sehr erhöht werden. Anders dagegen ist es auf dem Meere. Die Lichtstrahlen dringen bis zu bedeutender Tiefe in das durchsichtige Element, die Oberfläche und die benachbarten Luftschichten werden weniger stark erwärmt, die Wärme, welche bei der nothwendig erfolgenden Verdunstung des Wassers gebunden wird, deprimirt die Temperatur noch mehr. Daher haben Orte, welche in der Nähe des Meeres liegen, kältere Sommer als diejenigen, welche in derselben Breite mitten im Festlande belegen sind. Edinburgh und Moscau haben nahe einerlei Polhöhe, dort beträgt die Wärme des Sommers nur 15°,10, während sie hier bis 19°,51, steigt. Das Gegentheil erfolgt im Winter, dann strahlt in den längeren Nächten der feste Boden wegen seines stärkeren Strahlungsvermögens mehr Wärme aus, als das Wasser, das an der Oberfläche erkaltete Wasser sinkt in die Tiefe, um wärmeren aufsteigenden Theilchen Platz zu machen. Wäre daher auch nur dieser Umstand bei Ver-

theilung der Wärme auf der Erdoberfläche wirksam, so würden Orte am Meere wärmere Winter haben, als die im Innern des Continentes liegenden; während die Temperatur des Winters in Edinburgh 3°,4 beträgt, sinkt sie in Moscau bis — 11°,8.

Eben so wie die Temperatur im Laufe des Tages oder des Jahres mit der Hitze der Sonne größer oder kleiner wird, hängt auch die mittlere Wärme verschiedener Orte von der Breite ab. Im Allgemeinen können wir annehmen, daß sie desto größer wird, je näher wir dem Aequator kommen. Wir werden in der Folge sehen, daß sie in derselben Breite nicht allenthalben gleich ist; sie ist kleiner an der Ostküste Americas oder im Innern des alten Continentes, als an der Westküste von Europa. Wollen wir daher diese Wärmeänderung genauer untersuchen, so dürfen wir nur solche Orte wählen, welche gegen Meer und Festland nahe dieselbe Lage haben. Hier begnüge ich mich damit, die Wärmegrade einiger Orte an der Ostküste des alten Continentes und eines in Südamerica liegenden mitzutheilen, damit sich diese Aenderung im Allgemeinen übersehen lasse.

Ort	Breite	Temperatur
Cumana [46])	10° 27′ N.	27°,6
Teneriffa [47]	28. 28	21,9
Lissabon [48])	38. 43	16,5
la Rochelle [49])	46. 9	11,7
Paris [50])	48. 50	10,8
London [51])	51. 30	10,5
Kendal [52])	54. 17	8,1
Nord-Cap [53])	70. 0	0

46) Humboldt Voyage XI, 7.

47) Escolar bei Buch Canarische Inseln S. 65.

48) Franzini bei Balbi Essai statistique sur Portugal I, 90.

49) 9jähr. Beob. von Seignette in den Mannheimer Ephemeriden von mir berechnet.

50) Die oben mitgetheilten Beobachtungen von Bouvard.

51) 3jähr. Beob. von Daniell und 3jähr. Beob. der Königl. Soc. von mir berechnet.

52) 5jähr. Beob. Dalton's bei Buch Canarische Inseln S. 79, und 3jähr. Beob. von Marshall in einzelnen Heften des Edinburgh Journal of Science.

53) Buch Reise nach Norwegen II, 416.

Aber nicht bloß mit der Entfernung von dem Aequator, auch mit der Erhebung über der Erdoberfläche nimmt die Wärme nach einem bisher noch nicht allgemein aufgefundenen Gesetze ab. Schon ältere Reisende hatten hierauf vielfach aufmerksam gemacht, aber erst Horaz v. Saussure bemühte sich den Gegenstand auf experimentellem Wege genauer zu ergründen, indem er die Größe zu fixiren suchte, um welche man in die Höhe steigen muß, wenn das Thermometer um eine beliebige Größe sinken soll [54]). Wenn wir aber diese Größe bestimmen wollen, so müssen die Instrumente stets einige Fuß vom Boden hängen, damit die Strahlung auf ihre Angaben keinen bedeutenden Einfluß habe, weil sich in der Nähe des Bodens häufig in einer Höhe bis zu 3 Fuß Differenzen zeigen, welche man sonst nur bei Höhenunterschieden von mehreren hundert Toisen antrifft [55]). Aus vielen auf den Alpen angestellten Messungen glaubt Saussure folgern zu dürfen, daß die Höhe, in welcher das Thermometer um 1° C sinkt im Sommer 80, im Winter 94,1 Toisen beträgt, so, daß also die Wärme im Sommer weit schneller abnimmt, als im Winter, und eben dieses bestätigen gleichzeitige in Genf und auf dem Sanct Bernhard angestellte Thermometerbeobachtungen. Im Durchschnitte können wir für mittlere Breiten und auf Bergen annehmen, daß etwa 90 bis 100 Toisen dazu gehören, wenn das Thermometer 1° sinken soll. In freier Luft scheint diese Abnahme etwas schneller zu erfolgen. Auf seiner Luftreise fand Gay-Lussac, daß die Wärmedifferenz für einen Höhenunterschied von 1333 Toisen 18°,1 betrage, wovon auf einen Grad eine Höhe von 73t,5 kommen würde [56]). Dieses Resultat, welches wir in der Folge noch näher prüfen werden, wird durch die schätzbaren Untersuchungen Humboldt's bestätigt. Dieser fand, daß die Wärme über Bergebenen und größeren Bergmassen langsamer abnehme, als auf isolirten Bergspitzen. So müssen wir auf den Gebirgen von Quito, Popayan, Santa Fé de Bogota und Mexico 128,7 Toisen in die Höhe steigen, wenn

---

54) Saussure Reisen durch die Alpen IV, 89. §. 923.

55) Parrot Physik der Erde S. 399. Vgl. Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 239.

56) Gilbert's Annalen XX, 15.

die Wärme um 1° abnehmen soll, während diese Größe nach einem Mittel der Beobachtungen auf dem Coffre de Pérote, Nevado de Toluca, Silla de Caraccas, Fuerta de la Cuchilla, Guadaloupe, Pichincha, Chimborasso und Pic von Teneriffa nur 98t,2 beträgt [57]), und letztere Größe glaubt Humboldt als allgemeingültig für die Wendekreise annehmen zu können [58]).

Ob diese Abnahme eine arithmetische Progression befolge, ist eine Frage, die wir hier nicht näher erörtern wollen. Es scheint jedoch, als ob diese Abnahme in bedeutenden Höhen schneller erfolge, wie sowohl die Untersuchungen Humboldt's als auch die Erfahrungen Gay-Lussac's anzudeuten schienen [59]).

Schon der Umstand, daß die Wärme im Sommer in mittleren Breiten weit schneller abnimmt als im Winter, macht es wenig wahrscheinlich, daß die Höhe, welche erforderlich ist, damit das Thermometer um 1° sinke, allenthalben auf der Erde gleich sey. Die Beschaffenheit des Bodens spielt eine bedeutende Rolle. Es scheint es, als ob die Wärme im Innern der Continente, wenigstens im Sommer, weit schneller sinke, als oben angegeben wurde. Dieses geht aus einigen von Wahlenberg mitgetheilten Messungen hervor [60]). Gleichzeitige Thermometerbeobachtungen zu Ofen (79t,5 über dem Meere) und zu Kesmark in Ungarn (305t über dem Meere) geben für die mittlere Wärme von Ofen 15°,8, für die von Kesmark 10°,4. Da der Stand der Instrumente vom 11ten August bis 10ten October aufgezeichnet wurde, so dürfen wir wohl annehmen, daß ein großer Theil der zufälligen Anomalien entfernt ist. Hiernach nun würde die Wärme für einen Höhenunterschied von 45 Toisen um 1° sinken. Es wird hiernach wahrscheinlich, daß die Wärme über den weit ausgedehnten Sandwüsten von Asien und Africa bei weitem schneller abnehme, als dieses in der Schweiz oder America der Fall ist.

---

57) Humboldt in Gilbert's Annalen XXXI, 369. und Voyage I, 306.

58) Humboldt Geographie des plantes p. 85.

59) Humboldt Geographie des plantes p. 84. und in den Mémoires d'Arcueil III, 679.

60) Wahlenberg Flora Carpathorum p. XCIV.

Dritter Abschnitt.

Von den Winden.

Wir haben bisher den Gang der Wärme im Allgemeinen mit Uebersehung aller ungewöhnlichen Störungen betrachtet; wenn man indessen das Thermometer längere Zeit an einem Orte beobachtet, so erkennt man sehr bald, daß dasselbe sehr vielen Oscillationen unterworfen ist. Vergleicht man gleichzeitige Messungen an mehr oder weniger entfernten Punkten, so wird die Zahl der Anomalien noch größer; bald ist der Gang der Instrumente übereinstimmend, bald sinkt es an dem einen Orte sehr schnell, während es an dem zweiten eben so bedeutend steigt. Sind diese Temperaturdifferenzen an mehr oder weniger entfernten Orten bedeutend, dann bleibt die Atmosphäre nicht länger im Zustande der Ruhe, es erfolgen mehr oder weniger lebhafte Strömungen derselben, welche wir mit dem Namen Winde bezeichnen.

Das Gleichgewicht der Atmosphäre kann durch Wärmedifferenzen auf mancherlei Art aufgehoben werden, ich begnüge mich hier einen der einfachsten Fälle zu betrachten, welcher dem Vorgange in der Natur meistens entsprechen möchte. Es sey AB (Fig. 6) die Oberfläche der Erde, welche wir uns eben so wie die Gränze der Atmosphäre CD als eine Ebene vorstellen wollen; es bezeichne AC die Höhe der Atmosphäre. Die Wärme sey über AB allenthalben in gleicher Höhe genau gleich, so wird der von uns betrachtete Theil des Luftkreises in vollkommener Ruhe, seine Oberfläche CD allenthalben horizontal seyn; befinden sich an beliebigen Punkten zwischen A und B in gleicher Höhe über AB Barometer, so werden diese einen gleichen Stand haben. Wir wollen nunmehr annehmen, die Luft über AE werde weit stärker erwärmt, als über EB, möge der Boden so beschaffen seyn, daß die Sonnenstrahlen dort lebhafter einwirken können, oder möge

Bewölkung des Himmels über EB die Wirkung der Sonnenstrahlen verhindern. Ist dieses der Fall, so erhält die Luftsäule über AE wegen der vermehrten Ausdehnung eine größere Höhe; ihre Oberfläche wird GH, während die der Luftmasse über EB unverändert bleibt. So haben wir also ein Fluidum, dessen Oberfläche nicht mehr allenthalben horizontal ist, es werden daher nothwendig Bewegungen erfolgen müssen. Ein Theil der über AE befindlichen Luftmasse fließt ab und lagert sich über EB, bis endlich IK wieder die gemeinsame Oberfläche geworden ist. Nothwendig muß ein in A befindliches Barometer sinken, während das in B befindliche steigt. Aber jetzt kann das Gleichgewicht der Luftmassen in der Nähe des Bodens nicht mehr fortbestehen. Da die Lufttheilchen über EB einen größeren Verticaldruck erleiden, als die über AE befindlichen, so üben sie auch einen größeren Seitendruck aus, als die letzteren, und es wird daher unten die Luft von BE nach AE strömen.

Diese einfache Betrachtung, nach welcher in den oberen Regionen ein Luftstrom von der wärmeren Gegend nach der kälteren geht, während unten das Gegentheil erfolgt, ist eine der wichtigsten Ursachen der Winde [1]) und dadurch von sehr vielen andern Erscheinungen. Es wird hiebei freilich vorausgesetzt, daß die Luftmassen ihre Lateralbewegung genau horizontal ausführen, was nicht immer der Fall seyn dürfte; bisher aber fehlt es uns durchaus an Beobachtungen über die Neigung der Winde gegen den Horizont, ja sogar an Mitteln dieselbe zu messen. Eben so wenig dürfen wir annehmen, daß stets ein Austausch der Luftmassen zwischen denselben Gegenden erfolge, so daß der obere Wind dem untern diametral entgegengesetzt sey. Wir werden in der Folge mehrmals Gelegenheit haben zu zeigen, daß zwischen den Luftmassen sehr entfernter Gegenden ein inniger Verkehr Statt findet, und so kann es geschehen, daß z. B. der von Deutschland ausgehende Luftstrom sich nach dem Innern von Rußland verbreitet, während der untere vom atlantischen Meere, also aus derselben Richtung kommt, indem der von der Mitte Rußlands ausgehende sich vielleicht nach Sibirien oder einer andern Gegend verbreitet. Begreiflich wird es übrigens aus dem Gesagten,

1) De Luc recherches I, 192.

daß der Barometerstand über AE und EB so lange ungleich ist, als dieser Zustand noch fortdauert; erst wenn die stärkere Erwärmung über AE aufhört, wird nach einiger Zeit das Gleichgewicht wieder hergestellt werden, obgleich die Bewegung noch einige Zeit fortdauert, wenn die wirkende Ursache verschwunden ist.

Uebrigens bedarf es wohl kaum eines Beweises, daß gerade dasselbe erfolgt, wenn die Luftmasse über AE dieselbe Temperatur behält, während die über EB befindliche stark erkaltet wird.

So einfach das erwähnte Princip jedoch auch ist, so wird die Anwendung desselben auf die wirklich beobachteten Erscheinungen und namentlich die quantitative Bestimmung der Geschwindigkeit im hohen Grade schwierig. Ausgezeichnete Analytiker und unter diesen namentlich d'Alembert [2]), Lindenau [3]) und andere haben sich mit Lösung des Problemes beschäftigt. Eine eben so scharfsinnige als elegante Bearbeitung des Gegenstandes besitzen wir von Schmidt [4]); da uns die von demselben gefundenen Resultate noch in der Folge mehrmals nützlich seyn werden, so will ich diese Untersuchung hier mittheilen.

Wir nehmen eine Röhre ABCD (Fig. 7) an, die bei AC verschlossen ist und mit Luft angefüllt seyn mag, welche an dem offenen Ende BD herausströmen kann. In der Mitte der Röhre ziehen wir die, die Mittelpunkte der einzelnen Durchschnitte verbindende centrische Linie EF, und nehmen an, daß alle Lufttheilchen in einem auf der centrischen Linie senkrecht stehenden Durchschnitte GHKL gleiche Geschwindigkeit $= v$ besitzen. Diesen Durchschnitt, welcher eine unendlich kleine Dicke NM besitzt, wollen wir als Element der Luftmasse ansehen. Ist nun die Dichtigkeit der zu irgend einer Zeit in der Röhre befindlichen Luftmasse $= \rho$, die Grundfläche des Durchschnittes GH $= y$, die

2) d'Alembert reflexions sur la cause génerale des vents. 4. Paris 1747.

3) Lindenau in v. Zach's monatlicher Correspondenz XIII und XV.

4) Schmidt mathem. u. phys. Geogr. II, 332 fg. vergl. Brandes Beiträge S. 69 u. a. O.

Dicke desselben $= ds$, so ist die in dem Durchschnitte enthaltene Luftmasse $dm = \rho y ds$. Ist nun p der Druck der Luft auf eine als Einheit angenommene Fläche, so ist der Druck auf die Fläche $GH = py$; da nun p im Allgemeinen eine Function des Bogens der centrischen Linie $EN = s$ seyn muß, so wird, da wir die Flächen HG und KL als gleich groß ansehen können, der Druck auf die Fläche $KL = (p + \frac{dp}{ds} ds)\, y$. Der erste Druck geschieht nach der Richtung NM, der zweite nach MN, und wenn wir daher beide von einander subtrahiren, so wird der Ueberschuß, welcher nach der Richtung NM wirkt $= - y \frac{dp}{ds} . ds$ oder blos $= - ydp$. Dieses ist die bewegende Kraft, und wenn diese durch die Masse $\rho y ds$ des Elementes dividirt wird, so erhalten wir für die beschleunigende Kraft $- \frac{dp}{\rho ds}$; aber letztere ist bekanntlich gleich dem Differential der Geschwindigkeit v, dividirt durch das Differential der Zeit t; wir haben mithin $- \frac{dp}{\rho ds} = \frac{dv}{dt}$ oder

$$- dp = \frac{dv}{dt} . \rho ds. \qquad (1)$$

Nehmen wir der Einfachheit halber an, die Luft habe in der ganzen Röhre dieselbe Dichtigkeit, so läßt sich die Geschwindigkeit an einer beliebigen Stelle angeben, sobald die an einer einzigen Stelle bekannt ist. Es sey nämlich OPDB das Element, welches zur Zeit t auszuströmen im Begriffe steht und zur Zeit $t + dt$ wirklich ausgeströmt ist, so wird OP in derselben Zeit nach BD gekommen seyn, als HG nach KL; ferner sey ρ die Dichtigkeit zur Zeit t, $\rho - d\rho$, die zur Zeit $t + dt$, so muß wegen der Gleichheit der Luftmassen, die in den Räumen AHGC und AKLC, so wie AOPC und ABDC enthalten sind, und wegen der gleichförmigen Dichtigkeit der Luft in der ganzen Röhre

$$AHGC . \rho = AKLC\, (\rho - d\rho)$$
$$AOPC . \rho = ABDC\, (\rho - d\rho)$$

werden. Daraus ergiebt sich

$$\frac{AOPC}{AHGC} = \frac{ABDC}{AKLC}.$$

und da

$$AOPC = AHGC + HKLG$$
$$ABDC = AOPC + OBDP$$

so erhalten wir

$$\frac{HKLG}{AHGC} = \frac{OBDP}{AOPC} \qquad (2)$$

d. h. die Elemente verhalten sich an verschiedenen Stellen der Röhre wie die hinter ihnen liegenden Volumina der Luft in der Röhre.

Bezeichnet nun Y das veränderliche Volumen AHGC, A den Inhalt der Röhre, welchen wir gleich AOPC setzen können, da nur das sehr kleine Element OBDP daran fehlt, u die Geschwindigkeit, mit welcher das Element BDPO ausströmt, und n den Querschnitt BD, so wird

$$OBDP = QF \cdot n = nudt$$
$$HKLG = NM \cdot y = yvdt.$$

Werden diese beiden Werthe in die Gleichung (2) gesetzt und der gemeinschaftliche Factor dt fortgelassen, so wird

$$\frac{yv}{Y} = \frac{nu}{A} \text{ d. h.}$$

$$v = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot u \qquad (3)$$

Differentiiren wir hier, so wird

$$dv = \frac{n}{A} \frac{Y}{y} \cdot du + \frac{n}{A} u \, d \cdot \frac{Y}{y}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{n}{A} u \, d. \frac{Y}{y} \cdot \frac{1}{dt}$$

Nun aber ist NM $= ds = vdt$, also $\frac{1}{dt} = \frac{v}{ds}$, und wenn wir hier den Werth von v aus der Gleichung (3) substituiren,

$$\frac{1}{dt} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{u}{ds}$$

mithin wird

$$\frac{dv}{dt} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{ds} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{dY}{y}$$

oder da $\frac{Y}{y} d. \frac{Y}{y} = \frac{1}{2} d \left(\frac{Y}{y}\right)^2$,

$$\frac{dv}{dt} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2ds} \cdot d \cdot \left(\frac{Y}{y}\right)^2$$

Setzen wir diesen Werth in die Gleichung (1), so wird

$$dp = -\rho \frac{n}{A} \cdot \frac{du}{dt} \cdot \frac{Yds}{y} - \rho \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{n^2}{2} \cdot d\left(\frac{Y}{y}\right)^2$$

Um nun den Druck bis zu einem bestimmten Werthe von s zu erhalten, müssen wir die Gleichung von $s = 0$ bis zu dem bestimmten Werthe von s integriren. Wenn wir nun erwägen, daß ρ, $\frac{du}{dt}$, u blos rücksichtlich der Zeit veränderlich sind, so können wir sie bei dieser Integration als constant ansehen, dann wird

$$p = C - \rho \frac{n}{A} \cdot \frac{du}{dt} \int \frac{Yds}{y} - \rho \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{n^2}{2} \left(\frac{Y}{y}\right)^2.$$

Bezeichnet nun p' den Druck, welcher im Innern der Röhre der Dichtigkeit ρ entspricht, so wird $p = p'$, wenn $s = 0$. Da ferner Y das Volumen bedeutet, so wird $Y = \int yds$, welches Integral für einen sehr geringen Werth von s gleich ys wird; so lange mithin s sehr klein bleibt, wird

$$\int \frac{Yds}{y} = \frac{1}{2} s^2, \quad \left(\frac{Y}{y}\right) = s^2$$

Wird $s = 0$, so werden beide Integrale gleich Null, mithin wird $p' = C$ und wir erhalten

$$p' - p = \rho \frac{n}{A} \cdot \frac{du}{dt} \int \frac{Yds}{y} + \rho \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{n^2}{2} \cdot \left(\frac{Y}{y}\right)^2 \quad (4)$$

Dehnen wir das Integral bis ans Ende der Röhre aus und bezeichnen das Integral $\int \frac{Yds}{y}$, welches sich in jedem Falle angeben läßt durch B, so wird zugleich $Y = A$, $y = n$, mithin

$$\frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{Y^2}{y^2} = 1$$

Strömt nun die Luft in einem andern Raume aus, welcher mit Luft von der Dichtigkeit ρ^0 angefüllt ist und welcher der Druck p^0 entspricht, so wird $p = p^0$, $Y = A$, $y = n$, $\int \frac{Yds}{y} = B$, folglich verwandelt sich die vorher gegebene Gleichung (4) in

$$p' - p^0 = \rho \cdot \frac{nB}{A} \cdot \frac{du}{dt} + \rho \frac{u^2}{2} \quad (5)$$

aus welcher die Geschwindigkeit u der ausströmenden Luft als eine Function der Zeit gefunden werden kann.

Hier können wir zunächst p' und p^0 durch ρ und ρ^0 ausdrücken; es ist nämlich $p' = k\rho$, $p^0 = k\rho$, wo k ein constanter Coefficient ist; dadurch wird

$$k(\rho - \rho^0) = \rho \cdot \frac{nB}{A} \cdot \frac{du}{dt} + \rho \cdot \frac{u^2}{2} \qquad (6)$$

Um das Integral hievon zu finden, müssen wir ρ durch u und t ausdrücken. Ist nun ρ die Dichtigkeit der ausströmenden Luft zur Zeit t, $\rho + d\rho$ die zur Zeit $t + dt$ ist, so ist $A\rho$ die Luftmasse in der Röhre zur Zeit t, $A(\rho + d\rho)$ die zur Zeit $t + dt$; der Unterschied $- Ad\rho$ giebt die in der Zeit dt ausgeflossene Luftmenge, welche $= n\rho u dt$ ist, da u die Geschwindigkeit der ausströmenden Luftmasse bezeichnet. Wir haben mithin

$$Ad\rho = - n\rho u dt.$$

Es sey ferner A^0 der Inhalt des Raumes, in welchem sich die Luft ausbreitet, ihre Dichtigkeit in demselben zur Zeit t gleich ρ^0, so ist $A^0\rho^0$ die in diesem Raume enthaltene Luftmasse; und da keine Luft entweichen kann, so ist die Summe der in beiden Räumen enthaltenen Luftmassen $A\rho + A^0\rho^0$ eine constante Größe. Wenn wir daher die mittlere Dichtigkeit beider Luftmassen zusammengenommen durch Δ bezeichnen, so wird

$$A\rho + A^0\rho^0 = (A + A^0)\,\Delta$$

wo Δ eine constante Größe ist, und hieraus ergiebt sich

$$\rho^0 = \frac{A + A^0}{A^0}\,\Delta - \frac{A}{A^0}\,\rho.$$

Substituiren wir diesen Werth in die Gleichung (6), so wird

$$k \cdot \frac{A + A^0}{A^0}\left(\rho - \Delta\right) = \rho\left(\frac{nB}{A} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{u^2}{2}\right)$$

Wird hier differentiirt und die Gleichung durch ρdt dividirt, so erhalten wir

$$k \cdot \frac{A + A^0}{A^0} \cdot \frac{d\rho}{\rho dt} = \frac{d\rho}{\rho dt}\left(\frac{nB}{A} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{u^2}{2}\right) + \frac{nB}{A} \cdot \frac{d^2u}{dt^2} + u\frac{du}{dt}$$

Aber aus der Gleichung $Ad\rho = - n\rho u dt$ erhalten wir $\frac{d\rho}{\rho dt} = - \frac{nu}{A}$, und setzen wir diesen Werth in die eben gefundene Gleichung und multipliciren mit A, so wird

$$- k\frac{A + A^0}{A^0} \cdot un = - un\left(\frac{nB}{A} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{u^2}{2}\right) + nB\frac{d^2u}{dt^2} + uA\frac{du}{dt}$$

Mul-

Multipliciren wir diese Gleichung mit du und setzen $\frac{du}{dt} = w$, $\frac{d^2u}{dt^2} = \frac{dw}{dt} = \frac{wdw}{du}$, so wird

$$nBwdw = udu\left(\frac{n^2B}{A}w + \frac{nu^2}{2}\right) - udu \,.\, Aw - k\frac{A+A^0}{A^0}nudu.$$

Es sey ferner

$$\frac{u^2}{2} - k\frac{A+A^0}{A^0} = x \qquad \frac{n^2B}{A} - A = E$$

so wird $udu = dx$ und

$$nBwdw = (Ew + xn)\,dx \qquad (7).$$

Wir wollen uns jetzt ein prismatisches oder cylindrisches Gefäß vorstellen, aus dessen Grundfläche die Luft herausströmt und welchem die centrische Linie die Axe wird. Die an allen Stellen gleich großen Durchschnitte bezeichnen wir mit n, die Länge der Axe mit l, so wird

$$\int yds = Y = ns, \quad A = nl, \int \frac{Yds}{y} = \tfrac{1}{2}l^2 = B.$$

Dadurch verwandelt sich der eben gegebene Werth von E in $-\frac{1}{2}nl$, und wenn wir diesen in die Gleichung (7) setzen, so wird

$$\tfrac{1}{2}l^2wdw = (x - \tfrac{1}{2}lw)\,dx.$$

Setzen wir nun

$$2x + lw = \xi, \quad x - lw = \xi'$$

und substituiren alsdann die sich hieraus ergebenden Werthe in die vorige Gleichung, so wird

$$\xi d\xi' + 2\xi' d\xi = 0.$$

Multipliciren wir diese Gleichung noch mit ξ, so erhalten wir auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens das vollständige Differential von $\xi^2\xi'$, mithin wird

$$\xi^2\xi' = c^3$$

wo c^3 die willkührliche Constante ist; setzen wir statt ξ und ξ' ihre Werthe, so wird

$$(2x + lw)^2(x - lw) = c^3. \qquad (8)$$

Da nun A den innern und A^0 den äußern Raum bedeutet, so wird, wenn wir annehmen, daß letzterer gegen die Röhre unend-

lich groß sey, $\frac{A + A^0}{A^0}$ nahe gleich 1; hiernach dürfen wir ferner annehmen, daß ϱ^0 als Dichtigkeit der Luft im äußern Raume constant sey; dann geht die oben gegebene Gleichung für x über in

$$x = -k + \tfrac{1}{2} u^2$$

und da zu Anfang der Zeit t die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft $u = 0$ ist, so wird $x = -k$, und zu derselben Zeit $w = w'$; substituiren wir diesen Werth von x in die Gleichung (8), so wird

$$(-2k + lw)^2 \, (-k - lw') = c^3.$$

Insofern die Geschwindigkeit, welche die ausströmende Luft vermöge des Unterschiedes der Dichtigkeiten annimmt, immer sehr klein bleibt, wird u^2 gegen k eine kleine Größe seyn. Setzen wir $u^2 = 2\mu k$, dann können wir die höheren Potenzen von μ vernachlässigen. Dann ist zugleich

$$x = -k + \tfrac{1}{2} u^2 = -k(1 - \mu).$$

Setzt man diesen Werth von x in die Gleichung (8) und läßt die höheren Potenzen von μ fort, so wird

$$-4k^3 + 12k^3\mu + 3kl^2w^2 - 3k\mu l^2w^2 - l^3w^3 = c^3 \quad (9).$$

Für den Anfang der Bewegung ist u also auch $\mu = 0$, und da dann $w = w'$ seyn soll, so erhält man

$$c^3 = -4k^3 + 3kl^2w'^2 - l^3w'^3.$$

Es zeigt ferner die Gleichung (6), daß, wenn ϱ' den Werth von ϱ zu Anfang der Bewegung angiebt, der Werth von $\frac{du}{dt}$ oder u zu derselben Zeit durch die Gleichung

$$k(\varrho' - \varrho^0) = \varrho' \frac{nB}{A} w'$$

ausgedrückt wird, weil in diesem Falle $u = 0$ ist. In unserem Falle ist $\frac{nB}{A} = \frac{1}{2}$, folglich

$$lw' = 2k \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho'}.$$

Hier ist $\frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho'}$ ein sehr kleiner Bruch, dessen höhere Potenzen wir übersehen können; bezeichnen wir denselben mit α, so wird

$$c^3 = -4k^3 + 12k^3\alpha^2.$$

Setzen wir der Analogie nach $lw = 2k\delta$, wo δ im Allgemeinen noch kleiner als α und eine veränderliche Größe ist, so verwandelt sich die Gleichung (9) bei Fortlassung des Cubus von δ in

$$-4k^2 + 12k^3\mu + 12k^3\delta^2 - 12k^3\mu\delta^2 = c^3.$$

Substituiren wir den eben gegebenen Werth c^3, so wird

$$\mu + \delta^2 - \mu\delta^2 = \alpha^2$$

und wenn wir hier das Glied $\mu\delta^2$ seiner Kleinheit wegen fortlassen, so wird

$$\delta = \sqrt{(a^2 - \mu)}.$$

Nun war $u^2 = 2\mu k$, als $u = \sqrt{2\mu k}$, $\frac{du}{dt} = \frac{d\mu}{dt}\sqrt{\frac{k}{2\mu}}$, folglich

$$lw = l\frac{du}{dt} = \frac{d\mu}{dt} \cdot l\sqrt{\frac{k}{2\mu}}$$

und da $lw = 2k\delta$

$$\delta = \frac{d\mu}{dt} \cdot \frac{l}{2k} \cdot \sqrt{\frac{k}{2\mu}}.$$

Setzt man diesen Werth von δ in die vorher gegebene Gleichung, so wird

$$\frac{d\mu}{dt} \cdot \frac{l}{2k}\sqrt{\frac{k}{2\mu}} = \sqrt{(a^2 - \mu)}$$

und hieraus

$$dt \cdot \frac{2\sqrt{2k}}{l} = \frac{d\mu}{(\sqrt{a^2\mu - \mu^2})}$$

$$t\,\frac{2\sqrt{2k}}{l} = \text{Arc sin}\left(= \frac{\mu}{\alpha^2}\right)$$

wo keine Constante nöthig ist, da $t = 0$ für $\mu = 0$ wird. Nimmt man auf beiden Seiten den Sinus, so wird

$$\mu = \alpha^2 \sin t\,\frac{\sqrt{2k}}{l}$$

oder da $\mu = \frac{u^2}{2k}$, $\alpha = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0}$, so erhält man

$$u = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0}\sqrt{2k \sin t\,\frac{\sqrt{2k}}{l}}$$

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, wenn der Sinus des in ihm vorkommenden Winkels $= 1$ wird; in diesem Falle wird

$$u = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0}\sqrt{2k}$$

Nun verhalten sich die Dichtigkeiten bei derselben Wärme wie die Barometerstände, wir können also für ρ' und ρ^0 auch p' und p^0 setzen; nehmen wir ferner an, der Barometerstand sey bei einer Wärme von 0° 336''' und die Atmosphäre habe bis zu ihrer obern Gränze dieselbe Dichtigkeit, so wird $k = 24514 \,.\, g$ pariser Fuß, wo $g = 30,11$ pariser Fuß, die Geschwindigkeit eines von der Schwere beschleunigten Körpers am Ende der ersten Secunde bezeichnet, so wird

$$\sqrt{2k} = 1215 \text{ pariser Fuß}$$

und hiernach wird

$$u' = \frac{p' - p^0}{p^0} \,.\, 1215 \text{ par. Fuß} \qquad (10)$$

Gesetzt also der Barometerstand betrüge bei derselben Wärme an dem einen Orte 336''', an einem andern 324''', so würde daraus ein Wind entstehen, welcher eine Geschwindigkeit von etwa 45 Fuß in der Secunde hätte, und dieses würde schon ein Sturm seyn. Hätten aber beide Orte nicht einerlei Temperatur, sondern wäre dieselbe in der Gegend, wo der höhere Barometerstand Statt findet, ungewöhnlich niedrig, während sie an der Stelle, wo der Barometerstand klein ist, ungewöhnlich hoch ist, wie dieses fast immer der Fall ist[5]) und auch nach dem Obigen der Fall seyn muß, dann wird die Geschwindigkeit noch bei weitem größer. Gesetzt, es sey $p' = 336'''$ und die Wärme 0°, $p^0 = 324'''$ und die Wärme an diesem Orte 10°; setzen wir hier für ρ' und ρ^0 die entsprechenden Werthe, so wird

$$u' = \frac{336 - 312}{312} \,.\, 1215 = 93 \text{ Fuß}$$

also nahe doppelt so groß.

Diese Berücksichtigung der Wärme zeigt uns zugleich, daß sehr wohl Luftströmungen entstehen können, ohne daß man im ersten Momente eine bedeutende Differenz im Barometerstande zu erkennen vermag. Gesetzt, an einem Orte betrage die Wärme 0°, an einem andern 10°, sehen wir dann ρ' als Einheit an, so wird $\rho^0 = 0,96$, mithin würde hieraus ein Wind entstehen, welcher eine Geschwindigkeit von 28 Fuß hätte.

5) S. Barometerschwankungen.

Aus der beobachteten Dauer eines Windstoßes kann man zugleich berechnen, wie groß die Strecke ist, auf welcher der erhöhte Barometerstand, durch den der Wind hervorgebracht wird, Statt findet. Die Gleichung

$$u = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0} \sqrt{2k \sin t \frac{\sqrt{2k}}{l}}$$

zeigt nämlich, daß die Geschwindigkeit in zwei Fällen Null wird, indem

$$t \frac{\sqrt{2k}}{l} = 0 \text{ oder } t \frac{\sqrt{2k}}{l} = A.$$

Die ganze Dauer der Zeit, während welcher der Wind bläst, ergiebt sich also aus der Gleichung

$$t = \frac{\pi l}{\sqrt{2k}}$$

und hiedurch erhält man die gesuchte Länge der Strecke

$$l = \frac{t\sqrt{2k}}{\pi} = \frac{t}{\pi} . 1215$$

wo π die bekannte Ludolphische Zahl 3,141 .... ist.

Die bisherigen Betrachtungen setzen uns auch in den Stand, den Druck zu bestimmen, welchen der Wind gegen eine Fläche von gegebener Größe ausübt. Sehen wir nämlich die Räume, aus welchen die Luft ausströmt, als unendlich groß an, sind also die Größen ϱ und ϱ^0 constant, so verwandelt sich der Ausdruck (6) in

$$\frac{A}{\varrho n B} dt = \frac{du}{k(\varrho - \varrho^0) - \frac{\varrho u^2}{2}}$$

und hievon wird das Integral

$$\frac{A}{nB} t = \sqrt{\frac{\varrho}{2k(\varrho - \varrho^0)}} \log \frac{\sqrt{2k(\varrho - \varrho^0)} + \sqrt{\varrho} . u}{\sqrt{2k(\varrho - \varrho^0)} - \sqrt{\varrho} . u}$$

wo $u = 0$ für $t = 0$, also keine Constante erforderlich ist. Wenn die Oeffnung n sehr klein ist, so nähert sich die vor dem Gleichheitszeichen stehende Größe sehr schnell dem Unendlichen; eben dieses muß für den auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens stehenden Theil der Fall werden, und dieses geschieht, wenn

$$\sqrt{2k(\varrho - \varrho^0)} = \sqrt{\varrho} . u$$

und hieraus ergiebt sich als Gränze

$$u = \sqrt{2k} \sqrt{\frac{\varrho - \varrho^o}{\varrho}} = 1215 \sqrt{\frac{\varrho - \varrho^o}{\varrho}}$$

oder wenn wir für ϱ und ϱ^o die Barometerstände p' und p^o setzen,

$$u = 1215 \sqrt{\frac{p' - p^o}{p'}}$$

und hieraus folgt

$$p' - p^o = \left(\frac{u}{1215}\right)^2 \cdot p'$$

und hieraus sieht man, daß ein Wind, welcher sich mit einer Geschwindigkeit u bewegt und aus Luft besteht, welche das Barometer auf der Höhe p' erhält, einen Druck hervorbringt, welcher im Stande ist, einer Quecksilbersäule von der Höhe $p' - p^o$ das Gleichgewicht zu halten.

Bei der Beobachtung der Winde müssen wir vorzüglich ihre Richtung und Geschwindigkeit aufsuchen. Um die Richtung der Luftströme in der Nähe der Erdoberfläche zu finden, bedient man sich der bekannten Windfahnen. Ein flaches Eisenblech von beliebiger Gestalt wird an dem einen Ende dergestalt befestigt, daß es sich mit Leichtigkeit um eine verticale Axe drehen kann; wird dasselbe dann vom Winde getroffen, so stellt es sich, nach den bekannten Gesetzen vom Stoße, dergestalt, daß es genau nach der Richtung zeigt, nach welcher der Wind geht. Wenn man jedoch leicht bewegliche Fahnen selbst auf isolirten Gebäuden ansieht, so findet man, daß diese bei einem etwas lebhaften Winde zwar im Allgemeinen die Richtung des Windes angeben, um diese mittlere Richtung aber beständig oscilliren. Es scheint mir aus diesem Grunde das Verfahren, welches Parrot und Engelhardt bei ihren Messungen anwendeten, zu berücksichtigen [6]). Zwei Flächen wurden unter einem Winkel von etwa 45° verbunden, dann die Verbindungsstelle an der Axe befestigt, und diese Vorrichtung der Einwirkung des Windes ausgesetzt. Dieser wirkte auf beide gleich große Flächen mit gleicher Stärke und stellte das System dergestalt, daß die den Winkel halbirende Linie mit der Richtung zusammenfiel.

---

6) Engelhardt und Parrot Reise in den Caucasus II, 20.

Um nun die Richtung selbst genau zu finden, schätzt man die Lage der Fahne meistens nach dem Auge ab. Will man genauer verfahren, so werden unter der Fahne einige horizontale Stäbe nach bestimmten Gegenden des Horizontes gestellt, wodurch die Richtung genauer gefunden wird. Es sind mancherlei Vorrichtungen vorgeschlagen, um diese Messung mit Leichtigkeit auszuführen. Namentlich sind die Windfahnen öfter so eingerichtet worden, daß man die Richtung im Zimmer beobachten kann. Die einfachste Vorrichtung dieser Art besteht darin, daß man das Blech an der Axe befestigt, so daß letztere, welche nun in Zapfen ruht, sich zugleich dreht. Ein Zeiger, welcher am untern Ende dieser durch die Decke des Zimmers gehenden Axe befestigt ist und mit dem Bleche in einer Ebene liegt, giebt in jedem Momente die Richtung an. Oefter sind hiezu sehr zusammengesetzte Vorrichtungen vorgeschlagen. An dem untern Ende dieser Axe wurde ein Trilling befestigt, welcher dann in ein oder mehrere mit einander verbundene Räder griff und dadurch einen Zeiger drehte, welcher sich entweder in der Horizontal- oder Verticalebene bewegte [7]).

Sollen diese Windfahnen ihren Zweck erfüllen, so ist erforderlich, daß sie frei stehen. Deshalb eignen sich in Städten die auf der Spitze von Kirchthürmen angebrachten am besten zu diesen Beobachtungen; sind dieselben aber auf gewöhnlichen Wohnhäusern befestigt, so wird die wahre Richtung des Windes oft sehr bedeutend von der Angabe der Windfahnen abweichen, hauptsächlich dadurch, daß in den Straßen, durch welche die Luft gezwängt wird, secundäre Störungen entstehen, welche ebenfalls auf die Windfahne wirken; daher findet man nicht selten in den Angaben von mehreren sonst sehr beweglichen Fahnen, die auf demselben Gebäude stehen, bedeutende Differenzen.

Um die Richtung des Windes zu bezeichnen, bedient man sich der Gegenden des Horizontes, aus denen der Wind kommt. Nur die Italiener machen hier in ihren Tagebüchern zuweilen eine Ausnahme, indem wir oft die Bezeichnungen Tramontane, Levante, Sirocco für Winde treffen, die aus Norden,

---

7) Mehrere Vorrichtungen dieser Art s. bei Gehler Wörterb. A. A. I, 101. Cotte Traité p. 197 und Mémoires I, 807.

Osten oder Südosten kommen; gut würde es seyn, diese und ähnliche Bezeichnungen ganz zu verbannen. Im Allgemeinen ist es gleichgültig, in wie viel Theile der Horizont bei diesen Angaben getheilt wird. Die meisten Meteorologen geben 8 oder 16 Theile, nur wenige 4 oder 32 Richtungen an. Die erste Zahl ist zu gering, die letztere erschwert wegen der großen Zahl von Richtungen die Vergleichung. Mir scheint es am zweckmäßigsten den Horizont in 16 Richtungen zu theilen und diese dann bei der allgemeinen Uebersicht der Resultate entweder beizubehalten, oder auf 8 Richtungen zu reduciren.

So allgemein bekannt diese Eintheilung auch ist, so findet man doch nicht selten in selbst besseren Tagebüchern, wie in den Journalen von verschiedenen Orten, die in den Mannheimer Ephemeriden mitgetheilt werden, Bezeichnungen, welche von den gewöhnlichen abweichen, wie ONN oder NON und ähnliche, welche leicht zu einem unrichtigen Ablesen der Beobachtungen Gelegenheit geben können. Soll hier die Verwirrung ein Ende nehmen, so ist erforderlich, daß die von den Schiffern allgemein angenommene Stellung der Buchstaben auch von allen Meteorologen aufgenommen werde. Nehmen wir zuerst die vier Cardinalgegenden N, O, S und W, wobei wir von N durch O nach W zählen und theilen nun den Horizont in 8 Theile, deren jeder von dem folgenden um 45° absteht, so werden diese Zwischenpunkte durch die Zusammenstellung der Benennungen der zunächst liegenden Cardinalpunkte bezeichnet, stets aber steht hiebei der Name der im Meridian liegenden Gegend zuerst; der zwischen N und O liegende Punkt heißt also NO, nicht ON, eben so erhalten wir SO, SW, NW. Wird hier jeder Bogen aufs neue halbirt, so steht hier bei der Bezeichnung stets die zunächst liegende von den vier Cardinalgegenden vor; der Punkt zwischen N und NO heißt also NNO, zwischen NO und O nicht, wie so oft NOO, sondern ONO. Ganz auf dieselbe Art erhalten wir OSO, SSO, SSW, WSW, WNW, NNW. Ich würde mich bei Erwähnung dieses Gegenstandes nicht aufgehalten haben, wenn ich nicht aus eigener Erfahrung wüßte, wie leicht man sich bei Bearbeitung der Tagebücher versehen kann, wenn ungewöhnliche Bezeichnungen gewählt werden.

Haben wir auf diese Art 16 Windrichtungen angenommen, so ist die Vergleichung am einfachsten, wenn man das Endresultat auf 8 Richtungen reducirt; ja in vielen Fällen scheint diese Reduction wesentlich nöthig zu seyn. Finden wir z. B. in einem Tagebuche Jahrelang aufgezählt, es habe geweht N 10 Mal, NNO 40 Mal, NO 16 Mal, ONO 60 Mal, O 14 Mal, so fällt hier sogleich auf, weshalb N, NO und O so selten geweht haben, während die Zwischenwinde weit häufiger sind. Wenn die Richtung nur nach dem Augenmaaße geschätzt wird, so werden manche Beobachter weit häufiger annehmen, daß der Wind aus NNO, als aus N oder NO komme, während wir in andern Tagebüchern wieder finden, daß NNO, ONO u. s. w. verhältnißmäßig weit seltener wehen, als die Winde N, NO, O u. s. w. Bei dieser Reduction der 16 Winde auf 8 wird aber nicht selten der Fehler begangen, daß sämmtliche aus NNO kommende Winde zu den N oder NOwinden gerechnet werden; oder es wird auch wohl NNO und NNW zu N, ONO und OSO zu O gezählt. Durch das erstere Verfahren wird die Windrose um eine Zahl von Graden verschoben, durch letzteres wird die Zahl der Zwischenwinde verhältnißmäßig zu klein. Am sichersten ist es hier, die Zahl der Winde aus NNO, ONO u. s. w. zu halbiren und die Hälfte zu jedem der zunächst liegenden Winde zu addiren. Gesetzt, man hatte gefunden, es wehe während einer Zeit N 26, NNO 20, NO 17 und ONO 10 Mal, so erhalten wir für N $26 + 10 = 36$, für NO $17 + 10 + 5 = 32$ Mal.

Außer der Richtung der Winde müssen wir zugleich ihre Geschwindigkeit berücksichtigen. Bisher sind fast gar keine ausführlichen, eine längere Reihe von Jahren umfassenden Messungen dieser Art bekannt gemacht worden; erst wenn dieses geschehen seyn wird, werden wir im Stande seyn, manche Punkte über diesen Gegenstand mit größerer Schärfe anzugeben. Das einfachste Verfahren, die Geschwindigkeit des Windes zu erhalten ist dasselbe, welches beim Messen der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen angewendet wird. Man überläßt einen leichten Körper der Luft und sieht wie weit derselbe in einer gegebenen Zeit getrieben wird. Da diese leichten Körper, etwa Stückchen Papier, Pflaumenfedern u. s. w. sich mit der Luft zugleich fortbewegen, so erhalten wir dadurch die Geschwindigkeit unmittelbar.

Die oben gegebene Formel von Schmidt

$$p' - p^0 = \left(\frac{u}{1215}\right)^2 p'$$

setzt uns in den Stand diese Geschwindigkeit ebenfalls zu berechnen, und Dr. James Lind hat dazu einen Apparat angegeben, welcher nach Robison aus folgenden Theilen besteht [8]). Eine an beiden Enden offene Glasröhre wird so geblasen, wie es ABCD (Fig. 8) angiebt; der Arm AB steht genau senkrecht auf CD. Diese Röhre, welche einen innern Durchmesser von wenigstens einem halben Zoll haben muß, enthält Wasser oder ein anderes leichtes Fluidum, welches in beiden Schenkeln gleich hoch steht, sobald keine andere Kraft auf dasselbe einwirkt. Der Apparat wird nun so aufgestellt, daß die Röhre CD genau vertical steht und die Verticalebene, in welcher die Röhren sich befinden, mit der Richtung des Windes zusammenfällt, was am leichtesten dadurch erreicht wird, daß man den Apparat in der Ebene der Windfahne befestigt und zwar dergestalt, daß die Oeffnung A der Axe, um welche sich die Fahne dreht, zunächst liegt. Der ankommende Strom wirkt nun auf die in der Röhre AB enthaltene Luft, comprimirt dieselbe, deprimirt dadurch das Wasser in dieser Röhre bis F, während es in der Röhre CD bis E steigt. Aus dem Höhenunterschiede des Wassers in beiden Schenkeln, Ef, wird dann die Geschwindigkeit des Windes hergeleitet; da jedoch diese selten mehrere Minuten hindurch constant ist, so ist die Wassersäule vielen Oscillationen unterworfen, wodurch die Messung sehr erschwert wird. Um die hieraus entstehende Unsicherheit der Beobachtung etwas zu vermindern, ist es am zweckmäßigsten die Röhre unten bei C zu verengern. Robison glaubt, daß wenn die Röhre einen Durchmesser von einem halben Zoll hat, es genüge, der Röhre bei C einen Durchmesser von $\frac{1}{50}$ Zoll zu geben.

Gesetzt, der Wind habe eine Geschwindigkeit von 40 Fuß in der Secunde und der Barometerstand betrage 336''', so wird

$$p' - p = \left(\frac{40}{1215}\right)^2 . 336''' = 0''',3642$$

8) Robison Mechanical philosophy III, 707. Philos. Trans. act. 1775. p. 353.

oder da wir Wasser zum Messen nehmen, so wird die Dichtigkeit des Quecksilbers, der Kürze halber, zu 13,6 angenommen, die Höhe der Wassersäule Ef = 4''',95. Für eine Geschwindigkeit also, welche schon ein ziemlich lebhafter Wind hat, beträgt der Unterschied im Niveau nur etwa 5 Linien, und noch weit geringer wird derselbe für schwächere Ströme. Dadurch werden dann kleine Beobachtungsfehler einen großen Einfluß erhalten, und Robison schlägt daher vor, die Röhre CD gegen den Horizont zu neigen, wodurch für dieselbe Höhenänderung eine größere Länge der Röhre erforderlich, die Messung also leichter wird. Mehr Beachtung aber scheint mir folgende, von demselben Physiker vorgeschlagene Einrichtung zu verdienen.

Die horizontale Röhre AB und die verticale CD (Fig. 9), welche beide gleiche Durchmesser haben mögen, werden durch eine genau horizontale Zwischenröhre von kleinerem Durchmesser mit einander verbunden. Wenn nun die Oeffnung A vor der Einwirkung des Windes geschützt ist, so wird in CD so lange Wasser gegossen, bis dieses zum Punkte B tritt. Wenn nun der Wind auf das Wasser in A drückt, so wird es zwar in dem Schenkel CD um die Größe Ef gehoben, aber da der Schenkel BG weit enger ist, so wird die Länge BF, durch welche hier das Wasser getrieben wird, bei weitem bedeutender. Gesetzt, der Querschnitt von CD sey $\frac{1}{2}$ dessen von BG nnd die Größe Ef betrage 0'''5 Wasser, was bei einem Barometerstande von 336''' einer Geschwindigkeit von etwa 12 Fuß in der Secunde entsprechen würde, so würde es leicht möglich seyn, sich bei unmittelbarer Messung der Säule Ef um 0''',1 oder 0''',2 zu versehen. Aber eben diese Höhe entspricht in der 12 Mal engeren Röhre GB einer Länge von 5''; wenn also auch derselbe Fehler beim Ablesen begangen wird, so wird der Einfluß auf das Endresultat viel geringer.

Gewöhnlich wird die Stärke des Windes dadurch gemessen, daß man die Kraft aufsucht, mit welcher der Wind, auf eine ihm entgegenstehende Fläche drückt. Lomonossow [9]), Zei-

9) Novi Commentarii Petropolitani II, 128.

her[10]) und andere haben dazu Vorrichtungen angegeben. Eine verticale Fläche wurde dem Winde genau entgegengestellt; der horizontale Stab, welcher an ihrer hintern Seite befestigt war, wurde in einer Röhre, in welche er sich hineinschieben ließ, von einer Feder gehalten, und blieb bei einer gegebenen Stelle stehen. Wurde nun diese Fläche dem Winde entgegengesetzt, so wurde sie so weit hineingeschoben, bis die Elasticität der Feder und der Druck des Windes sich im Gleichgewichte hielten, und der Punkt, bei welchem der Stab stehen blieb, aufgezeichnet. In andern Fällen wurden Kugeln oder Flächen angewendet, welche an einem Faden befestigt waren; bei vollkommener Windstille hing dieser vertical, je größer aber die Geschwindigkeit des Windes wurde, desto bedeutender wurde der Winkel, welchen das Pendel mit der Verticale bildete, und dieser Winkel diente dann zur Messung der Stärke[11]). Will man einmal aus dem Stoße des Windes auf feste Flächen seine Geschwindigkeit herleiten, so scheint es mir am zweckmäßigsten, dazu die Windfahne selbst zu nehmen, wie dieses namentlich Balz gethan hat[12]). Die Windfahne wird in diesem Falle fest mit der Axe verbunden, an dem untern Ende von dieser befindet sich eine horizontale Rolle, über deren Peripherie eine Schnur geschlagen ist, welche dann entweder mit einer gewöhnlichen oder einer Federwage, wie sie Balz anwendet, verbunden ist. Wenn die Richtung des Windes gemessen ist, so wird die Fahne dergestalt gedreht, daß sie genau auf dieser Richtung senkrecht steht, und vermittelst der Wage das dazu erforderliche Gewicht gemessen. Wenn nun die Fläche der Fahne bekannt ist, so läßt sich aus der Größe des Druckes die Höhe der ihm gleichen Quecksilbersäule und mithin, da $p' - p^0$ gefunden ist, die Geschwindigkeit u herleiten.

---

10) Novi Comm. Petrop. X, 302. Die Vorrichtung von Bouguer (Manoeuvre des vaisseaux p. 151 bei Gehler Wörterbuch N. A. IV, 780) stimmt mit der angegebenen fast vollkommen überein.

11) Gehler's Wörterb. N. A. IV, 776.

12) Zach Correspondance astronomique X, 340. Aehnlich ist die Vorrichtung von Dalberg in seiner Schrift: Anemomètre proposé aux amateurs de meteorologie. Erfurt 1781.

Wie man aber ein Anemometer auch einrichten möge; stets ist es zweckmäßig, daß man zuvor seine Angaben dadurch aufsuche, daß man die Geschwindigkeit direct durch die Bewegung leichter Körper mißt [13]). Die Theorie der Bewegung gasförmiger Körper ist noch zu wenig durch Versuche begründet, als daß wir uns auf die Resultate der bloßen Rechnungen verlassen dürften. Meistens hat man angenommen, der Widerstand wachse wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Aber die Versuche von Borda [14]) deuten aufs Bestimmteste darauf, daß der Widerstand schneller wachse, als das Quadrat der Geschwindigkeit, wofern letztere nur etwas bedeutend ist, und alle Untersuchungen über Ballistik haben zu demselben Resultate geführt, indem Kugeln weit früher niederfallen, als sie es nach der Theorie sollten [15]). Wenn wir hier bloß den Stoß wirksam annehmen, dann läßt es sich freilich sehr leicht zeigen, daß der Widerstand sich verhalte wie das Quadrat der Geschwindigkeit; aber die schönen Versuche von Coulomb [16]) zeigen uns, daß selbst bei Wasser dieses Princip nicht genügt, indem bei sehr langsamen Bewegungen die Adhäsion eine weit bedeutendere Rolle spielt, wornach sich der Widerstand nahe verhält wie die erste Potenz der Geschwindigkeit. Und wenn auch die Adhäsion bei Gasen vielleicht weniger bedeutend ist, so wird hier bei der Bewegung geworfener Körper der Raum hinter denselben bei großer Geschwindigkeit nicht in demselben Momente von Luft ausgefüllt, in welchem er von dem Körper verlassen wird; selbst wenn dieses geschehen ist, wird durch die nothwendig erfolgenden Oscillationen die Luft hinter ihm abwechselnd verdünnt und verdichtet, so daß der Druck der comprimirten Luft vor ihm verhältnißmäßig stärker wird, als es nach der Theorie der Fall seyn sollte. Daher wächst der Widerstand nicht bloß bei Luft, sondern auch bei tropfbaren Flüssigkeiten schneller als das Quadrat der Geschwindigkeit.

---

13) Robison Mechanical philosophy I. I.

14) Mémoires de l'Academie des Sc. de Paris 1763. p. 358. Da diese Abhandlung in der Octavausgabe nicht abgedruckt ist, so konnte ich sie nicht benutzen.

15) S. den Art. Ballistik in Gehler's Wörterbuch N. A.

16) Mémoires de l'Institut T. III. p. 246.

sobald letztere sehr groß wird. Ohne hier in eine ausführliche Discussion über diesen Gegenstand einzugehen, welche in das Gebiet anderer Disciplinen gehört, möge das bisher Gesagte genügen, darauf aufmerksam zu machen, daß man bei diesen Messungen den theoretisch erhaltenen Betrachtungen kein volles Zutrauen schenken darf.

Neuerdings hat Forbes ein anderes Princip der Construction eines Barometers zum Grunde gelegt [17]). Wenn ein Körper sich selbst überlassen wird, so fällt er vertical herab; erhält derselbe aber im Anfange seines Falles einen Stoß nach der horizontalen Richtung, so beschreibt er eine Parabel, deren Parameter von der Größe des Stoßes abhängt. Diesen Satz wendet er bei seinem Instrumente an. Ein Körper fällt aus einer Büchse, welche am besten von einem Uhrwerke zur bestimmten Zeit geöffnet wird, herab, der Wind treibt ihn seitwärts, und man beobachtet, wie weit die Stelle an welcher er herabfällt, von dem vertical unter der Büchse liegenden Punkte entfernt ist. Sind dann die Fallhöhe und die dazu erforderliche Zeit, die Dichtigkeit der Luft und die der Kugel bekannt, so läßt sich daraus die Geschwindigkeit des Windes herleiten.

In den meteorologischen Tagebüchern wird die Geschwindigkeit des Windes in der Regel nicht angegeben, man begnügt sich damit, seine Stärke beiläufig zu schätzen und von dem schwächsten anfangend ihn mit den Zahlen 1, 2.... zu bezeichnen. Die Beobachter auf der Sternwarte zu Upsala und späterhin die Mitglieder der Mannheimer Societät hatten vier solcher Grade angenommen; mit 1 wurde derjenige Wind bezeichnet, welcher nur die Baumblätter bewegte, mit 2, welcher kleinere Aeste, mit 3, welcher größere Aeste in Bewegung setzte, und mit 4 der Sturm, welcher größere Aeste abbrach oder Bäume entwurzelte [18]). Solche Merkmale sind freilich keine bestimmten Maaßstäbe, aber man muß sich doch damit so lange begnügen, bis sichere Anemometer allgemein in Gebrauch kommen [19]).

---

17) Edinburgh Journal of Science, New Series II, 31.

18) Ephemerides Soc. Met. Palat. 1781. p. 4.

19) Wargentin in den Abhandlungen der Schwed. Acad. XXIV, 185.

In Deutschland sind die von der Mannheimer Societät angeführten Bezeichnungen ziemlich allgemein beibehalten worden; starke Winde, welche sich meistens über weite Länderstrecken verbreiten, heißen Stürme. Zuweilen wehen solche mit einer ungeheuren Heftigkeit, dann heißen sie wohl Orcane, wie dieses namentlich bei dem Südwest-Sturme am 14ten Januar 1827 der Fall war, welcher in Deutschland, England, Frankreich und Italien sehr viel Verwüstungen anrichtete. Diese Beziehung aber scheint mir für so weit verbreitete, lange Zeit aus derselben Richtung kommende Stürme höchst unpassend. Die eigentlichen Orcane, die Ouragans der französischen oder Hurricanes der englischen Seeleute, bezeichnen Phänomene, die sich in verschiedenen Theile der Aequinoctialgegenden zeigen; dabei wüthet der Sturm mit einer ungeheuren Heftigkeit [20]), aber weit charakteristischer für diese Erscheinungen ist die oft plötzliche Aenderung der Windrichtung und die meistens auf einen kleinen Raum eingeschränkte Ausbreitung dieser Luftströmung. Wollen wir einmal die Bezeichnung Orcan auf Erscheinungen in unseren Gegenden anwenden, dann möchte es wohl am zweckmäßigsten seyn, die Benennung auf heftige Gewitterstürme einzuschränken.

Der oben gefundene Ausdruck

$$u' = \frac{p' - p^0}{p^0} \cdot 1215 \text{ pariser Fuß}$$

zeigt, daß diese Geschwindigkeit sehr groß werden könne. Ist der Unterschied in den Barometerhöhen 12''', der Unterschied der Temperatur 10°, so würde der Wind eine Geschwindigkeit von 100 Fuß haben, er würde also fast im Stande seyn, die stärksten Bäume zu entwurzeln. Vergleichen wir nun die gleichzeitigen Angaben vom Barometer und Thermometer in entfernten Gegenden, so finden wir häufig noch weit größere Differenzen in der Dichtigkeit der Luft, und doch gehören so gewaltige Stürme glücklicherweise zu den Seltenheiten. Mehrere Gründe sind Ursachen dieser Verzögerung. Die Punkte, an denen die Differenzen der Dichtigkeit am größten sind, liegen meistens weit von einander. Während das Barometer im westlichen Europa das Mini-

20) S. die von den Barometerschwankungen und der Luftelectricität handelnden Abschnitte.

mum erreicht, liegt das Maximum vielleicht erst in Nordamerica oder im Innern von Rußland, die Luftmassen müssen daher einen sehr weiten Weg zurücklegen; indem sie mehrere hundert Meilen über der Erdoberfläche fortziehen, werden die geringe Adhäsion der Luft an der Erdoberfläche, so wie der Widerstand, welchen dieselbe an den Unebenheiten erleidet, die Geschwindigkeit sehr vermindern. Es findet hier derselbe Fall Statt, wie bei der Bewegung des Wassers in Flüssen; die Geschwindigkeit des Wassers an der Mündung sollte gleich der eines aus der Höhe der Quelle bis zur Mündung frei fallenden Körpers seyn und doch zeigt uns die Erfahrung, daß sie vielfach kleiner ist.

Noch ein anderer Umstand spielt hiebei eine bedeutende Rolle; die Luft hat nie bis zur Gränze der Atmosphäre dieselbe Bewegung, sondern wie es auch schon die erste von uns gemachte Betrachtung angab, so finden wir in verschiedenen Höhen entweder entgegengesetzte oder doch gegen einander geneigte Bewegungen. Wenn nun solche Luftströme über einander fortgehen, so werden die Luftmassen an der Gränze sich einander treffen, sich gegenseitig aufzuhalten suchen und dadurch ihre Geschwindigkeit vermindern. Nothwendig wird sich diese Verzögerung mit mehr oder minder abnehmender Stärke durch die ganze Luftmasse verbreiten. Es findet hier ganz dasselbe Statt, was wir auch bei Flüssen wahrnehmen. Wenn das Flußbette sich nach einer Verengerung wieder erweitert, so bemerkt man an dieser Stelle einen rückwärtsgehenden Strom und an der Gränze zeigen sich viele partielle Ströme, welche wir namentlich an den Wirbeln zu erkennen vermögen und welche nothwendig die Geschwindigkeit des Wassers verzögern. Ganz dasselbe findet auch bei den vorher erwähnten Ungleichheiten der Erdoberfläche Statt, und daher kommt es denn, daß namentlich dann, wenn ein heftiger Wind über eine hohe Gebirgskette gegangen ist, die Windfahnen benachbarter Punkte auf der Ebene zu derselben Zeit sehr verschiedene Richtungen angeben.

Solche verschiedene Luftströme treffen wir häufig in der Atmosphäre. Wenn wir den Zug der Wolken betrachten, so finden wir, daß diese nicht selten unter sich verschiedene Richtungen haben, und auch von den Windfahnen ganz abweichen; dieser Gegensatz in der Richtung der obern und untern Luftströme dauert oft

oft lange fort. So befand sich im Jahre 1781 eine englische Flotte im Hafen zu Leith; fast fünf Wochen hindurch wehte ein lebhafter Ostwind, in den beiden letzten Wochen herrschte in einer Höhe von etwa ¾ (englischer) Meile eine lebhafte westliche Strömung, wie aus der Bewegung lockerer Wolken hervorging [21]). Bei der Belagerung von Quebec im Jahre 1759 wehte ein so starker Westwind, daß die Schiffer die Topmasten einziehen mußten und einige Bote nur mit Mühe gegen den Wind geführt werden konnten; eine abgeschossene Bombe platzte in der größten Höhe ihrer Bahn, fast eine Viertelstunde blieb die Rauchsäule an derselben Stelle stehen und zerstreute sich von hier aus allmählig, ohne ihren Platz sehr bedeutend zu ändern [22]). Am besten eignen sich zu dieser Untersuchung Luftbälle. Fast alle diejenigen, welche in die Höhe gestiegen sind, erwähnen in ihren Berichten, daß sie verschiedene Luftströme getroffen hätten, und Th. Forster ließ kleinere Bälle aufsteigen. Bei einem derselben fand er zu unterst OSO, sodann in verschiedenen Höhen N, SW und SSO g S. Bei mehr als dreißig auf diese Art angestellten Versuchen fand derselbe, daß nur wenige Bälle dieselbe Richtung behielten, bei den meisten merkte man 4 bis 5, und bei einigen 7 bis 8 verschiedene Luftströme [23]).

Manche Meteorologen geben in ihren Tagebüchern den Wind bald nach der Richtung der Windfahnen, bald nach der Richtung der Wolken an, aber Resultate dieser Art sind völlig unbrauchbar. Fast allgemein werden die Windfahnen genommen, und es ist nöthig, daß dieses beibehalten werde, damit man nur Messungen derselben Art in verschiedenen Gegenden der Erde vergleiche. Auf der andern Seite aber wird die Meteorologie manchen Aufschluß erhalten, wenn beide Richtungen zugleich in den Tagebüchern aufgeführt werden. Solche Untersuchungen sollten namentlich auf Ebenen angestellt werden, da in Gebirgen locale Strömungen sehr viele Unregelmäßigkeiten erzeugen. Bis jetzt hat fast nur Heinrich diese Aufzeichnungen einige Zeit fortge-

---

21) Robison Mechanical philosophy III, 706.

22) Robison l. l. nach der Erzählung von Augenzeugen.

23) Forster über die Wolken S. 205.

setzt. Nach den Messungen im Mai, Junius und Julius 1791 [24]) war zu Regensburg die zugleich beobachtete Richtung der Winde folgende. Es wehte

	oben		unten
N	9 Mal,		11 Mal
NO	11		12
O	7		10
SO	3		9
S	5		5
SW	15		14
W	76		40
NW	19		44

Auch die Geschwindigkeit des Windes ist in verschiedenen Höhen sehr ungleich, wie sich dieses schon daraus ergiebt, daß an der Gränze verschiedener Ströme fast vollkommene Ruhe seyn muß, wofern nicht locale, nach verschiedenen Seiten gehende Winde auf einem kleinen Raume vorhanden sind. Die Geschwindigkeit der oberen Luftströme läßt sich dadurch finden, daß wir die Geschwindigkeit messen, mit welcher sich der Schatten einer Wolke fortbewegt [25]), da wir annehmen dürfen, daß die Fläche, in welcher sich die Wolken bewegen, eine der Erdoberfläche parallele Ebene sey. Diese Geschwindigkeit in den oberen Regionen scheint bei weitem größer zu seyn, als die an der Erde. Es ist eine ausgemachte Sache, bemerkt Saussure [26]), je höher man auf die Berge steigt, desto stärker findet man die Winde. Ich habe vielmals gesehen, fährt derselbe fort, daß Winde, die in der Ebene regelmäßig und von mäßiger Stärke schienen, auf den Bergen von solcher Heftigkeit waren, daß man die größte Mühe hatte, sich gegen sie zu erhalten.

Sollen übrigens aus den Beobachtungen des Windes an einem Orte Folgerungen über die Strömung der Luft in einem ganzen Districte hergeleitet werden, so muß derselbe in einer Ebene liegen, wofern die Resultate weiter ausgedehnt werden sol-

24) Die Originalbeobachtungen in den Mannheimer Ephemeriden für 1791.

25) Robison Mechanical philosophy III, 705.

26) Saussure Hygrometrie S. 348.

len. Messungen in engen Thälern zeigen stets nur locale Richtungen. Geht das Thal z. B. von O nach W., so werden wegen des Widerstandes der einschließenden Berge NO und SO in östliche Winde übergehen. Daher finden wir, um nur einen Fall zu erwähnen, daß in den von NO nach SW gerichteten Thale von Genf fast alle Winde entweder aus SW oder NO kommen. Eben so wenig eignen sich hiezu Beobachtungen, welche dergestalt angestellt sind, daß ein Ort vor einem Winde durch ein Gebirge geschützt wird.

Wenn auf diese Art der Wind längere Zeit aufgezeichnet ist, so entsteht die Frage, wie die Beobachtungen zur Vergleichung an verschiedenen Orten benutzt werden sollen? Gesetzt, man hätte in Copenhagen gefunden, es wehe während einer gewissen Zeit [27])

N	4910 Mal
NO	$4861\frac{1}{2}$
O	$6607\frac{1}{2}$
SO	$5918\frac{1}{2}$
S	7051
SW	9361
W	10448
NW	$6891\frac{1}{2}$

so ist es zunächst am zweckmäßigsten, die Zahl sämmtlicher Winde als Einheit anzusehen, und die einzelnen Winde als aliquote Theile auszudrücken; dann erhalten wir für Copenhagen

N	0,09
NO	0,09
O	0,12
SO	0,10
S	0,12
SW	0,17
W	0,19
NW	0,12

27) Schouw Beiträge zur vergleichenden Klimatologie 1, 9. Die Brüche in der obigen Tafel sind dadurch erhalten, daß 16 Winde auf 8 reducirt sind.

Hiedurch wird der Uebelstand vermieden, welcher bei Beibehaltung der absoluten Zahlen aus der ungleichen Zahl von Jahren, in denen beobachtet ist, entstehen würde.

Aeltere Meteorologen geben bei ihren Uebersichten meistens bloß den Wind an, welcher am häufigsten geweht hat, man würde also in diesem Falle sagen, in Copenhagen sey W der vorherrschende Wind. Jedoch wehen hier SW und NW so häufig, daß wir dieselben keinesweges übersehen dürfen, wenn wir ausmachen wollen, wie die Windverhältnisse in verschiedenen Gegenden beschaffen sind. Aus diesem Grunde ist ein reichhaltiger Schatz von Beobachtungen, welche uns Cotte mittheilt, völlig unbrauchbar [28]), und manche unrichtige Resultate in verschiedenen Schriften haben hierin ihren Grund [29]). Nur dann, wenn ein Wind so häufig weht, daß die übrigen Winde wegen ihrer geringen Zahl übersehen werden können, darf dieses Verfahren angewendet werden.

Schon im Jahre 1777 schlug Lambert ein Verfahren vor [30]), welches gewiß zu weit richtigeren Ansichten über die Luftströmungen geführt haben würde, hätte man dasselbe nicht völlig unbeachtet gelassen. Wir können uns nämlich die Winde als Kräfte vorstellen, welche die Atmosphäre eines Ortes zu verrücken streben. Nehmen wir an, Stärke und Dauer der Winde seyen bekannt und alle während eines Zeitraumes beobachteten Winde weheten in einem Momente, so können wir sehr leicht bestimmen, woher der Wind komme, welcher dieselbe Fortrückung der Atmosphäre bedinge, als alle diese Winde zusammengenommen. Wir dürfen nach den bekannten Gesetzen von der Zusammensetzung der Kräfte nur die Resultirende aller dieser einzelnen Seitenkräfte suchen. Da bisher Messungen über Dauer und Stärke der Winde nur isolirt stehen, so ist es beim jetzigen Zustande unserer Kenntnisse am zweckmäßigsten, dafür die Zahlen zu nehmen, welche angeben, wie oft jeder Wind aus einer bestimmten Gegend des

---

28) Cotte Mémoires II, in dem alphabetischen Verzeichnisse der Beobachtungen.

29) So bei Romme Tableaux des vents, fast allenthalben in höheren Breiten.

30) Nouveaux Mémoires de Berlin pour 1777. p. 26.

Horizontes gekommen sey. Rechnen wir also die Peripherie des Horizontes von N durch O bis 360°, bezeichnen ferner die Zahl, wie oft N, NO.... geweht haben, mit den Buchstaben dieser Winde, und endlich mit φ den Winkel, welcher die Resultirende mit dem Meridian bildet, diesen Winkel von N durch O bis 360° gezählt, so ergiebt sich für diesen Winkel der Ausdruck

$$\tan \varphi = \frac{A}{B}.$$

Nehmen wir nur acht Winde, deren jeder also vom folgenden um 45° absteht, so wird

$$A = O - W + (NO + SO - SW - NW) \sin 45^\circ$$
$$B = N - S + (NO + NW - SO - SW) \cos 45^\circ$$

Hätten wir dagegen 16 Winde genommen, so würde

$$A = O - W + (NNO + SSO - SSW - NNW) \sin 22^\circ 30' + (NO + SO - SW - NW) \sin 45^\circ + (ONO + OSO - WSW - WNW) \sin 67^\circ 30'$$

$$B = N - S + (NNO + NNW - SSO - SSW) \cos 22^\circ 30' + (NO + NW - SO - SW) \cos 45^\circ + (ONO + WNW - OSO - WSW) \cos 67^\circ 30'$$

Wollen wir also hiernach die mittlere Windrichtung für Copenhagen bestimmen, so wird, wenn wir die oben gegebenen Größen nehmen,

$$\tan \varphi = \frac{0{,}12 - 0{,}19 + (0{,}09 + 0{,}10 - 0{,}17 - 0{,}12) \sin 45}{0{,}09 - 0{,}12 + (0{,}09 + 0{,}12 - 0{,}10 - 0{,}17) \cos 45^\circ}$$
$$= \tan (180^\circ + 62^\circ 49')$$

Um diese mittlere Windrichtung auf die gewöhnlichen Bezeichnungen zu reduciren, scheint es mir am zweckmäßigsten, die beiden zunächst liegenden von den vier Cardinalpunkten und den Winkel zu nehmen, welchen sie mit dem Meridiane bildet. Es ist also in unserem Falle die mittlere Windrichtung S 62° 49′ W.

Wir dürfen bei dieser Reduction aber nicht bloß die mittlere Richtung des Windes aufsuchen, wir müssen hier wie in allen übrigen Fällen, wo Kräfte zusammengesetzt werden, auch die Stärke der Resultirenden bestimmen. Diese ist

$$\sqrt{(A^2 + B^2)}$$

also in unserm Falle 0,158, d. h. wenn die Zahl aller Winde, die während des Zeitraumes in Copenhagen wehten, durch 1000 bezeichnet wird, und diese in demselben Momente die Atmosphäre dieses Ortes zu verrücken strebten, so würde die Einwirkung eben so seyn, als wenn 158 von diesen Winden aus der Richtung S 62° 49′ W kämen.

Bisher haben sich nur wenige Physiker dieser Formel bedient; soviel mir bekannt ist, haben dieses in neueren Zeiten nur Cesaris [31]), Dove [32]) und Schübler [33]) gethan. Ich selber habe vermittelst derselben bereits im Jahre 1824 einen Theil der Windverhältnisse von Europa untersucht und auf diese Art einige der wichtigsten in der Folge mitzutheilenden Resultate erhalten. Aber ein Uebelstand, auf welchen ich sehr bald stieß, und auf welchen auch in der Folge Schübler aufmerksam machte, ist der, daß es sich treffen kann, daß die mittlere Windrichtung nach einer Gegend fällt, aus welcher der Wind gar nicht oder höchst selten gekommen ist. Hätten wir z. B. W 6 Mal, SW 60 Mal, S 10 Mal, NO 40 Mal, N 60 Mal und NW 4 Mal, so könnte es geschehen, daß die Resultirende nach W oder NW fiele, obgleich der Wind aus dieser Gegend wirklich nur selten gekommen ist.

Aus diesem Grunde scheint es mir zweckmäßig, mit diesem Verfahren noch das von Schouw befolgte zu verbinden; man vergleicht die Zahl der entgegengesetzten Winde, und indem man den einen derselben als Einheit ansieht, sieht man den andern als ein Vielfaches von ihm an [34]). Ich werde in der Folge nach Schouw's Vorgange stets das Verhältniß zwischen den östlichen und westlichen, zwischen den nördlichen und südlichen Winden zugleich neben der mittleren Windrichtung mittheilen, wo ich unter nördlichen oder östlichen Winden die Summe von NW, N und NO oder NO, O und SO verstehe. Für Copenhagen erhalten wir also folgende Verhältnisse:

Oestlich zu Westlich wie 1 : 1,5
Nördlich zu Südlich wie 1 : 1,3

---

31) Mem. della Soc. Ital., T. XVIII, Fisica p. 67.
32) Poggendorff's Annalen XIII, 593.
33) Schweigger's Jahrbuch N. R. XXV, 130.
34) Schouw Klimatologie I, 10.

Während sich in unsern Gegenden die Richtung des Windes fast unaufhörlich ändert, kommt derselbe in andern lange Zeit aus derselben Gegend. Winde der letzteren Art nennen wir beständige. Jedoch zeigt sich auch im Verhalten von diesen ein Unterschied. In einigen Gegenden der Erde kommt nämlich der Wind das ganze Jahr hindurch aus derselben Richtung, während er in andern mehrere Monate hindurch constant aus einem Punkte kommt und hierauf den übrigen Theil des Jahres entweder veränderlich wird, oder eben so constant aus einem andern Himmelsstriche weht. Die erste Klasse von constanten Winden, welche sich auf dem atlantischen Meere und dem großen Oceane zeigt, nennen wir Passatwinde (vents alizés der Franzosen, trade-winds der Engländer). Die zweite Klasse von beständigen Winden heißt Moussons (Monsoons der Engländer) [35]). Diese Benennung kommt vom malayischen Worte Mussin (Moossin), welches Jahreszeit bedeutet, obgleich Einige, welche das Arabische wenig verstehen, glauben, es bedeute dieser Ausdruck das Jahr, und mit dieser von Forrest [36]) gegebenen Erklärung stimmt auch Capper überein [37]), welcher noch hinzufügt, daß man diese Benennung fälschlich von dem Namen eines Schiffers hergeleitet habe. Marsden dagegen behauptet, daß der Ausdruck Musim (Mooseem), wie er das Stammwort schreibt, Jahr bedeute [38]). Die Alten bezeichneten mit dem Namen Etesische Winde [39]) eben das, was wir Moussons nennen, da auf dem

---

35) Torb. Bergmann (phys. Beschr. der Erdkugel II, 95) sagt, nachdem er den allgemeinen Ostwind zwischen den Wendekreisen (den Passatwind) betrachtet hat: „Passatwinde oder holländisch Moussons nennen die Seefahrer streitige Winde, die gewisse Zeiten des Jahres herrschen." Worin diese Verwechselung, welche nachher in Gehler's Wörterbuch und viele andere deutsche Lehrbücher übergegangen ist, ihren Grund habe, ist mir unbekannt. Bei keinem englischen oder französischen Reisenden erinnere ich mich je diese Verwechselung der Benennungen gefunden zu haben.

36) Forrest on Monsoons p. 95.

37) Capper in der Bibliothèque britannique Sc. et Arts XXVI, 318.

38) Marsden history of Sumatra p. 15 Anm.

39) Von ἔτος Jahreszeit.

Mittelmeere die Winde zu verschiedenen Jahreszeiten vorherrschend aus einer bestimmten Weltgegend kamen. Die eigentlichen Moussons auf dem indischen Meere waren ihnen dagegen wohl zu den Zeiten Alexander's noch unbekannt, wie daraus hervorzugehen scheint, daß Nearchus von dem Indus nach dem persischen Meerbusen die beschwerliche Küstenfahrt machte. Späterhin wagte es zuerst Hippalus von Aegypten nach Indien mit dem Mousson zu fahren, und die Alten bezeichneten nun den Wind mit dem Namen dieses Seefahrers [40]). Zu diesen regelmäßigen Winden müssen wir auch die Land- und Seewinde an einigen Küsten, namentlich zwischen den Wendekreisen rechnen, indem diese zwar zu verschiedenen Tageszeiten aus oft völlig entgegengesetzten Richtungen wehen, aber doch fast alltäglich auf dieselbe Art wiederkehren. Ich will mit diesen den Anfang machen.

Meistens wehen diese Land- und Seewinde mit geringer Stärke, und haben daher von den französischen und englischen Schiffern den Namen schwacher Winde, Brisen (brise der Franzosen, breeze der Engländer) erhalten. Diese Winde dienen uns vorzüglich zur Bestätigung dessen, was im Anfange dieses Abschnittes über Entstehung der Winde gesagt wurde. Um das Phänomen in seiner einfachsten Gestalt zu übersehen, denken wir uns in den Aequinoctialmeeren eine Insel von der Form eines Kreises und es wehe durchaus kein anderer weiter verbreiteter Wind. Wenn die Sonne einige Zeit nach dem Aufgange höher steigt, so erwärmt sie die Luft sowohl über dem Lande als über dem Meere, aber die Erwärmung des Landes ist stärker [41]). Da die mittlere Temperatur über dem Lande und dem Meere nahe gleich ist, so wird sich diese Differenz erst nach der Zeit zeigen, wo die mittlere Temperatur am Morgen eintrit, also etwa um 9 Uhr. Durch die stärkere Erwärmung wird von der über dem Lande befindlichen Luftmasse ein Theil in den oberen Regionen abfließen und sich nach allen Seiten verbreiten; umgekehrt strömt

---

40) Robertson history of Scotland and historical disquisition concerning ancient India. 8. Francfort 1828. p. 529. Er citirt Peripl. maris Erythraei p. 32 und Plin. hist. nat. VI, 23.

41) S. oben S. 134.

die untere Luftmasse von allen Seiten gegen die Insel, es entsteht ein Seewind, dessen Richtung offenbar senkrecht auf der Küste stehen muß. Diese Brise zeigt sich erst dann, wenn der Unterschied zwischen den Temperaturen der Atmosphäre über dem Lande und über dem Meere bedeutender wird, also gegen 10 Uhr Morgens. Da die Wärmedifferenz anfänglich klein ist, so ist der Wind zuerst schwach, zeigt sich zunächst am Ufer und erstreckt sich erst nach und nach weiter ins Meer. So sah Marsden auf Sumatra, daß Schiffe einige (englische) Meilen vom Lande noch ganz ruhig lagen, während ein frischer Seewind am Ufer wehte; erst einige Stunden später fühlten jene die Einwirkung von diesem [42]); eben dieses bemerkte Semeyns in Batavia [43]). An der Küste Coromandel, in Pondichery, hat man dasselbe bemerkt [44]), obgleich Dampier's unbestimmte Beschreibung zu der Vermuthung verleiten könnte, als ob die Seewinde sich erst später am Lande zeigten [45]). Die Stärke dieses Windes muß offenbar am größten seyn zur Zeit der größten Tageswärme, also um etwa 2 bis 3 Uhr Abends. Wenn späterhin die tägliche Wärme sinkt, so wird der Unterschied der Wärme über dem Lande und Meere immer kleiner, bis endlich zur Zeit des Sonnenunterganges beide gleiche Temperatur haben. Es entsteht nun eine Windstille, aber späterhin erkaltet das Land stärker, die Luft der oberen Regionen strömt vom Meere gegen das Land, während unten ein senkrecht auf der Küste stehender Landwind um etwa 8 Uhr Abends anfängt, welcher nach und nach bis zum Aufgange der Sonne an Stärke zunimmt, und gegen 8 Uhr Morgens verschwindet, worauf späterhin der Seewind aufs Neue beginnt. Der Ausdruck, welchen wir oben für die Geschwindigkeit der Winde gegeben haben, zeigt aber schon, daß diese Brisen nie eine sehr bedeutende Stärke haben können. Nehmen wir an, die kältere Luftmasse habe eine Temperatur von

---

42) Marsden history of Sumatra p. 18.

43) Verhaandelingen uitgegeven door de Hollandse Matschappy der Wetenschappen te Haarlem T. II. p. 415.

44) le Gentil Voyage I, 480 u. 815.

45) Dampier Traité des vents alisés. 8. Amsterdam 1701. p. 29.

20°, die wärmere eine von 25° (und dieses ist schon ein bedeutender Unterschied), so ist die Dichtigkeit bei 20° gleich 1,0174, die bei 25° als Einheit angesehen und die Barometerstände an beiden Orten als gleich angenommen. Setzen wir diese Größen in den Ausdruck

$$u' = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0} \cdot 1215 \text{ pariser Fuß},$$

so ergiebt sich als Maximum für die Geschwindigkeit des Windes etwa 20 Fuß; wenn wir jedoch erwägen, daß die Wärmedifferenz selten die Hälfte der oben gegebenen Größe übersteigt, meistens nur 1°, höchstens 2° beträgt, und daß dieser Unterschied wahrscheinlich in einiger Höhe fast verschwindet, so wird begreiflich, daß die Geschwindigkeit weit geringer seyn wird.

Diesen Wechsel zwischen Land- und Seewinden treffen wir auf allen Inseln und Küstengegenden zwischen den Wendekreisen, wofern sie nicht durch vorherrschende stärkere Winde ganz oder zum Theil aufgehoben werden. Dieses wird durch die Erfahrungen von Dampier, Forrest, J. R. Forster, Marsden, Semeyns und vielen andern Reisenden, deren Zeugnisse Romme gesammelt hat [46]), bestätigt. Selbst in mittlern Breiten treffen wir diesen Wechsel noch öfter sehr regelmäßig, so nach Sieber auf Creta [47]), nach Seignette bei Marseille [48]), ja nach den sorgfältigen Untersuchungen von Brandes [49]) scheint dieser Wechsel sich noch in ganz Italien zu zeigen. So weht der Wind in Padua am Morgen aus N, Mittags und Abends wird er südlich oder westlich; in Bologna weht am Morgen O, am Mittag und Abend W, und ein ähnliches Verhalten zeigt sich in

46) Ch. Romme Tableaux des vents, des marées et des courans qui ont été observés sur toutes les mers du globe. 8. Paris 1806. 2 Bände. Diese Schrift ist für einen Jeden, der die Naturgeschichte des Meeres studiren will, ein unentbehrliches Werk. So weit ich die Nachrichten des Verfassers mit den Originalberichten der Reisenden vergleichen konnte, habe ich meistens eine treue Relation gefunden.

47) Sieber Reise nach Creta II, 30.

48) Ephemerides Soc. Met. Palat. 1782. p. 501.

49) Brandes Beiträge S. 135.

Rom. Sogar an der Ostküste Grönlands fand Scoresby bei sonst windstillem heiteren Wetter Spuren dieses Wechsels [50]).

Auch mitten im Lande finden wir an größeren Seen einen solchen Wechsel, wie dieses schon Haller an den Schweizerseen [51]), Ellicott zu Presqu'ile am Eriesee [52]), Martens auf dem Gardasee [53]), Schübler auf dem Bodensee [54]) und verschiedene Beobachter in andern Gegenden gefunden haben. Die Temperaturdifferenz in verschiedenen Höhen kann sogar Ursache werden, daß sich auf Ebenen in der Nähe von Gebirgen ein ähnlicher Wechsel zeigt. Als Buckingham im Junius durch die turkomanische Ebene von Bir nach Orfah zog, hatte er während des Tages heftige Nwinde, welche von dem mit Schnee bedeckten Rücken des Taurus herabkamen, während die Nacht windstill war [55]). Auch in Ungarn soll sich zuweilen ein ähnlicher Wechsel zeigen [56]).

Wofern kein stärkerer Wind in einer Gegend vorherrschend ist, stehen beide Winde senkrecht auf der Küste und haben ungefähr gleiche Stärke; sind aber solche Strömungen vorhanden, oder der Umriß der Küsten unregelmäßig, dann wird Richtung und Stärke mannigfach modificirt. In der Nähe des Aequators sind im großen Oceane Ostwinde vorherrschend, dieses ist Ursache, daß der Seewind an der Ostküste der Inseln weit stärker ist, als der Landwind, während auf der Westküste das Gegentheil Statt findet [57]). Ist die allgemeine Richtung der Küste gegen den herrschenden Wind geneigt, dann stehen die Brisen keinesweges senkrecht auf ihr, es entfernt sich vielmehr der Wind am Morgen ein wenig, dann immer mehr von der Richtung des herrschenden Windes, bis er etwa 3 Uhr Abends der auf der Küste senkrecht

50) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 247.

51) Novi Comment. Soc. Gott. T. I. P. I. p. 30.

52) Gilbert's Annalen XXXII, 324.

53) Abhandlung über den Garda-See, im Februarhefte der Hertha 1829.

54) Bei Martens l. l.

55) Buckingham Mesopotamien S. 61.

56) Csaplovics Gemälde von Ungern I, 135.

57) J. R. Forster Bemerkungen über Gegenstände der phys. Erdbeschr. S. 109.

stehenden Linie am nächsten kommt, und hierauf kehrt er allmählig in seine frühere Lage zurück [58]). So herrscht bei der von NW nach SO gestreckten Insel Sumatra mehrere Monate hindurch ein NWwind; nach der Richtung des Landes sollte der Seewind aus SW, der Landwind aus NO kommen, aber es zeigt sich eine aus NW und SW oder NW und NO zusammengesetzte Richtung, und daher geschieht es, daß auf einen Landwind aus N ein Seewind aus W folgt [59]), wie sich dieses mit Leichtigkeit aus dem Parallelogramm der Kräfte ergiebt. Eben so herrscht auf der von O nach W gerichteten Küste in der Nähe der Campechebay in Südamerica im Allgemeinen ONO, die Brisen, welche nach der Richtung der Küste N und S seyn sollten, kommen aus NO und SO [60]). Bei Batavia, wo im Junius und Julius ein ziemlich starker Owind herrscht, kommt der Landwind zur Zeit seiner größten Stärke aus SO oder SSO, geht allmählig in den herrschenden O, entfernt sich aber nach einiger Zeit von diesem, bis der aus NO oder NNO kommende Seewind am stärksten ist, worauf er allmählig nach O zurückkehrt. Im December und Januar, wo dort ein allgemeiner W herrscht, findet eine eben solche Oscillation zwischen dem Landwinde aus SW und dem Seewinde aus NW Statt [61]). Gewiß aber ist es, daß sich in diesem Falle die Brisen nie bis zu einer sehr bedeutenden Höhe erstrecken, dieses geht wenigstens daraus hervor, daß sich die Wolken stets mit dem allgemein herrschenden Winde bewegen [62]).

Auch die Stärke dieser Winde wird durch die Configuration der Küsten mannigfach modificirt. An Vorgebirgen, namentlich wenn sie sehr weit in die See vorspringen, ist der Landwind unbedeutend, oder fehlt ganz, während der Seewind weit stärker ist. Das Gegentheil findet in Meerbusen Statt. In den oberen Regionen

---

58) Dampier Traité des vents p. 35.

59) Marsden Sumatra p. 17.

60) Dampier Traité des vents p. 35.

61) Semeyns in den Haarlem. Verhaand. II, 414. und Rademacher und Hoogendorp in den Verhaandelingen van het Bataviaasch Genootschap I, 46.

62) le Gentil Voyage I, 480.

strömt in den genannten Gegenden Luft von allen Seiten hinzu; da also unten Luft nach allen Seiten abfließen muß, so wird diese Bewegung nur sehr schwach seyn, da die ohnehin geringe Kraft nach allen Seiten wirken muß. Wenn dagegen umgekehrt ein Landwind in den Meerbusen kommt, so bilden die Richtungen der partiellen benachbarten Winde spitze Winkel; die Resultirende aller einzelnen Kräfte erreicht also eine bedeutende Größe, und eben dieses gilt von den Seewinden in der Nähe der Vorgebirge. Reisende haben uns eine große Zahl von Fällen dieser Art mitgetheilt, hier möge es genügen, einige derselben zu erwähnen. Am nordöstlichen und südöstlichen Theile von Jamaica sind zwei Vorgebirge, an denen die Landwinde zu den Seltenheiten gehören; Schiffer, die durch den Mangel derselben öfter in Verlegenheit gekommen sind, halten sie für den Sitz böser Dämonen; am Cap Pedro auf Jamaica stiegen mehrmals Expeditionen ans Land, um den hier hausenden Dämon zu tödten [63]). An der Westküste America's fand Dampier, welcher diese Gegenden mehrmals besuchte, am Cap Passao, St. Laurence, Cap Blanc nie Landwinde, obgleich er sie an der Zwischenküste traf [64]). In den Meerbusen dagegen sind die Landwinde desto lebhafter. So sind dieselben nach dem Zeugnisse des vielgewanderten Dampier [65]) in der Campechebay zwischen dem gebirgigen Cap St. Martin und Condecedo stärker als an einem andern ihm bekannten Punkte; möglich jedoch, daß hier die Stärke außer dem oben gegebenen Grunde durch von den Bergen in die Tiefe sinkende Ströme vermehrt wird.

Ganz auf dieselbe Art als die localen Land- und Seewinde, welche sich meistens nur wenige Meilen von der Küste entfernen, läßt sich auch der allgemeine Passat in den Aequinoctialgegenden erklären. Da jedoch die Configuration der Meere und der benachbarten Ländermassen auf ihn einigen Einfluß äußern, so wollen wir uns einen Augenblick die Erde völlig mit Wasser bedeckt und die Sonne in einem Punkte des Aequators still stehend vorstellen. Der wärmste und kälteste Punkt der Erde liegen

63) Dampier Traité des vents p. 33.
64) l. l. p. 35.
65) l. l p. 36.

dann in dem Durchmesser der Erde, welcher verlängert durch die Sonne hindurchgeht. In diesem Falle würde die Luft der obern Regionen von demjenigen Punkte, in dessen Zenith die Sonne steht, nach allen Seiten abfließen und sich gegen den Punkt bewegen, in dessen Nadir sich die Sonne befindet; in den untern Regionen dagegen würde die Luft von allen Seiten gegen den wärmsten Punkt zuströmen. In diesem Falle würde die Windrichtung der untern Luftmasse an jedem Orte durch den Bogen eines größten Kreises bestimmt, welcher durch den wärmsten und kältesten Punkt der Erde und den Beobachtungsort ginge. Da alle Punkte des Aequators wegen der Axendrehung der Erde während eines Tages gleich stark erwärmt werden, so haben wir einen wärmsten Gürtel und zwei kälteste Punkte an den Polen zu betrachten.. Uebersehen wir hier zunächst die veränderliche Declination der Sonne, so fällt die Mitte dieses heißesten Gürtels mit dem Aequator zusammen. Es strömt in den obern Regionen heiße Luft von dem Aequator nach den Polen, welche durch kalte Polarströme in der Nähe der Erdoberfläche wieder ersetzt wird. Die Richtung dieser Winde würde mit den Meridianen zusammenfallen, wenn nicht die Rotation der Erde dieselbe etwas abänderte. Die Luft der untern Schichten, welche gegen den Aequator strömt, kommt in immer größere Parallelkreise, die Drehungsgeschwindigkeit der Oberfläche wird hier größer, und da die den Lufttheilchen am Punkte ihrer Abreise mitgetheilte Schwungkraft kleiner ist, als am Aequator, so können sie nicht so schnell folgen, sie leisten den Körpern, die sich zugleich mit der Erde von W nach O drehen, Widerstand, und deshalb scheint der Wind aus O zu kommen. In der nördlichen Halbkugel finden wir daher den aus N und O zusammengesetzten NO, in der südlichen Halbkugel SO.

Diese Erklärung der Passate gab zuerst E. Halley gegen das Ende des 17ten Jahrhunderts [66]). Jedoch hatte nach den Untersuchungen Arago's schon früher Hooke eine ähnliche Idee geäußert, indem er mehrere Erscheinungen in der Atmosphäre aus Polarströmen abzuleiten bemüht war [67]); auf der an=

66) Philos. Transact. for 1686. Vol. XVI, 153.

67) Hooke posthumous works p. 364.

dern Seite dagegen nimmt er da, wo er von den Passatwinden spricht [68]), noch die falsche Theorie Galiläi's an, nach welcher ein Unterschied in der Drehungsgeschwindigkeit der Erde und Atmosphäre vorhanden ist, wodurch letztere den Körpern einen Widerstand entgegensetzt, so daß ein Wind aus Osten zu kommen scheint [69]). Auch Varenius, welcher diese Winde ausführlich betrachtet, soll der wahren Ursache nahe gewesen seyn [70]). Diese Hypothese von Halley, welche den Erscheinungen auf eine hinreichende Art zu genügen scheint, ist in der Folge von den meisten Physikern angenommen worden.

Nach dem oben Gesagten würden wir also in der Nähe des Aequators in den untern Regionen den NO-Passat in der nördlichen Halbkugel, in der südlichen den SO-Passat antreffen. Diese Richtungen aber fallen immer mehr mit O zusammen, je näher wir dem Aequator kommen. Eben dieses ist auch noch dann der Fall, wenn sich der eine dieser Passate mehrere Grade über den Aequator hinaus in die entgegengesetzte Halbkugel erstreckt, wie dieses im Julius mit dem SO-Passate im atlantischen Meere der Fall ist. Da sich die Größe der Parallelkreise in der Nähe des Aequators wenig ändert, so kann die bloße Axendrehung nicht Ursache dieses Ueberganges nach O seyn, da dann im Sommer auch der SO-Passat der nördlichen Halbkugel wieder nach S gehen müßte, was keiner der mir bekannten Reisenden erwähnt. Die Zusammensetzung der Kräfte zeigt hier eben so die Ursache der Erscheinung, als dieses vorher bei den Land- und Seewinden der Fall

68) Hooke l. l. p. 88 und 363.

69) Arago bei Humboldt Voyage II, 3. Anm.

70) le Gentil Voyage I, 637. Die Geographia des Varenius stand mir nicht zu Gebot. Franklin und nach ihm mehrere Physiker führen einen Versuch an, welcher die Entstehung der Passate, der Land- und Seewinde auf eine einfache Art zeigt. Wenn man im Winter die Thür eines geheizten Zimmers öffnet, so entstehen hier ebenfalls zwei Luftströme; in dem obern Theile der Oeffnung fließt die warme Luft nach außen, während die kalte Luft am Fußboden nach innen strömt. Hält man eine brennende Kerze in verschiedenen Höhen in die Oeffnung, so wird ihre Flamme am obern Theile nach außen, am untern nach innen geblasen; etwa in der Mitte der Höhe heben sich die beiden entgegengesetzten Ströme auf und die Flamme steht hier ruhig.

war. Gesetzt, es sey AQ (Fig. 10) der Aequator, die Passate mögen im ersten Momente genau aus NO und SO kommen und sich im Aequator in O treffen. Beide wirken auf das in O befindliche Lufttheilchen; ist diese Einwirkung gleich, so wird es nach C getrieben, es entsteht hier also ein Ostwind, vermittelst dessen die hier befindliche Luftmasse nach OC geht. In der Nähe des Aequators wird ein Lufttheilchen D von der Kraft DE sehr nahe nach W getrieben, aber auf eben dieses Theilchen wirkt der aus NO kommende Strom DF, beide Kräfte wirken auf dieses Theilchen eben so, als ob der Wind aus der Richtung GD zwischen N und O käme. So erhalten wir Luftströme, welche sich immer weiter von O entfernen, je größer der Abstand vom Aequator wird [71]). Dieses Zusammentreffen der beiden Passate findet in der Natur freilich nicht Statt, indem beide durch einen Zwischenraum getrennt sind, in welchem Windstillen und veränderliche Winde herrschen, aber die Construction bleibt in diesem Falle nahe dieselbe, indem der NO auf eine ruhende Luftmasse trifft, welche ihm hinreichenden Widerstand entgegensetzt, wodurch ebenfalls nothwendig ein Strom zwischen O und NO entstehen muß.

Entsteht auf die genannte Art in den unteren Regionen ein Wind zwischen O und dem sichtbaren Pole, so entsteht in den obern ein eben solcher zwischen W und dem unsichtbaren Pole, also in der nördlichen Halbkugel SW, in der südlichen NW. Die Luft strömt hier von dem Aequator nach den Polen, es entsteht also nördlich vom Aequator ein Swind, da aber dieser in einen kleinern Parallelkreis kommt, so eilt er mit seiner am Aequator erlangten größern Drehungsgeschwindigkeit der Bewegung der Erde vorauf, er scheint also aus W zu kommen; S und W geben dann die zusammengesetzte Richtung SW.

Wir haben bisher angenommen, daß die ganze Erde mit Wasser bedeckt sey, aber bedeutende Ländermassen mit zum Theile sehr hohen Gebirgen durchschneiden die Aequinoctialmeere. Natürlich müssen diese auf die Erwärmung der Erde und die Richtung der Luftströmungen einen großen Einfluß äußern; ja auf dem

71) Daniell Essays p. 102 stellt eine ähnliche Idee auf, welche mir erst bekannt wurde, als ich die obige Construction entworfen hatte.

dem Lande selbst kann die Richtung der Winde durch die ungleiche Lage der Orte vielfach abgeändert werden. Da wir bisher wenig regelmäßige Beobachtungen über die Winde tiefer im Lande besitzen, so wollen wir uns vorzugsweise damit begnügen, die Winde auf dem Meere zu betrachten. Wir wollen deshalb drei große Meerbecken, von denen jedes die allgemeinen Gesetze etwas modificirt, unterscheiden, den großen Ocean zwischen America im Osten, und Asien nebst Neu-Holland im Westen; das atlantische Meer zwischen dem alten und neuen Continente, und endlich das indische Meer, als dessen westliche Gränze wir Africa annehmen, und dessen östliche Gränze wir erhalten, wenn wir eine Linie von Japan nach Süden durch die Marianen und Neu-Guinea ziehen und diese durch die nördliche und westliche Küste von Neu-Holland verlängern. Keins dieser drei Becken kommt unserm fingirten Zustande so nahe als der große Ocean, seine Dimensionen sind nach allen Seiten sehr groß, und nur an einzelnen Stellen befinden sich Inseln von geringer Größe. Deshalb wollen wir unsere Betrachtungen mit diesem beginnen.

Der NO-Passat herrscht auf diesem Meere in einiger Entfernung vom Lande zwischen dem Aequator und dem nördlichen Wendekreise ziemlich regelmäßig. Die spanische Gallione nahm ihren Weg von Acapulco nach Manilla alljährlich mit diesem Winde, und es ist wahrscheinlich, daß sie sich sehr wenig von ihrem gewohnten Wege entfernte, weil sonst sehr viele erst in neueren Zeiten entdeckte Inseln hätten aufgefunden werden müssen. Cook, welcher im Februar von den Sandwichs-Inseln nach der Nordwestküste Americas ging, behielt diesen Wind bis 30° N, während Vancouver auf seiner Reise nach Norden denselben im März in 21° N verlor [72]), und in eben dieser Breite verlor ihn Krusenstern auf dem Wege von den Sandwichs-Inseln nach Japan [73]). Im November fand ihn Kotzebue in

72) Vancouver Voyage I, 191.

73) Langsdorf Reise I, 172, eine Abhandlung von Krusenstern über die Winde und Strömungen im großen Ocean, in der Einleitung zu dem Recueil de memoires hydrographiques pour servir d'analyse à l'Atlas de l'Ocean pacifique. 4. Petersbourg 1824, konnte ich nicht benutzen.

22° 34′ N [74]), verlor ihn aber im März in 20° 15′ [75]), während Clerke auf Cook's dritter Reise in eben dieser Jahreszeit in 20° N noch keinen bestimmten Wind hatte [76]). Im September, also im Anfange des Herbstes, fand Kotzebue die nördliche Gränze in 26° 41′ N [77]). Auf seiner letzten Reise fand derselbe ihn im Mai in der Nähe des Wendekreises [78]), dagegen im December erst mehrere Grade südlicher [79]). Nach diesen Thatsachen glaube ich annehmen zu dürfen, daß die nördliche Gränze des NO-Passates im Durchschnitte in etwa 23° N liege, daß sie im Sommer etwas weiter nach Norden, im Winter weiter nach Süden rücke. Für die südliche Gränze wollen wir 2° N annehmen.

Auf eben diesem Meere treffen wir südlich vom Aequator den SO-Passat. Cook glaubt, daß derselbe sich auf diesem Meere nicht weiter als bis 20° S erstrecke, indem er in höheren Breiten gewöhnlich einen frischen Wind aus W hatte, welcher vielleicht selbst in geringern Breiten den Ostwind zurückdrängen mochte; sogar auf Otaheiti hatte er im Julius 1769 oft zwei bis drei Tage frische Winde aus SW [79a]). Carteret hatte im Julius in 28° S veränderliche Winde, und erst im 16° S zeigte sich der wahre Passat [80]). Als Cook im August von Neu-Seeland nach Otaheiti ging, fand er den Passat erst in 19° 36′ S [81]), vorher hatte er bis 20° S vorzugsweise NWwinde, selbst ehe er den Wendekreis des Krebses erreichte. Am 1sten März fand Vancouver die Gränze in 23° S, während er im December in 25° 26′ S Winde aus OSO hatte [82]). Im April ist nach la Perouse der Passat noch nicht in 27° S con-

74) Kotzebue Reise II, 11.
75) Ebend. II, 98.
76) Troisième Voyage de Cook IV, 112.
77) Kotzebue Reise II, 110.
78) Kotzebue Neue Reise II, 1.
79) Ebend. II, 83.
79a) Hawkesworth Geschichte der Seereisen II, 243.
80) Ebend. I, 344.
81) Cook Second Voyage I, 140.
82) Vancouver Voyage I, 94.

stant [83]), ja Krusenstern traf ihn in diesem Monate erst in 18° 45′ S [84]). Als Marchand am Ende Mais zwischen 19° und 16° S nach den Marquesas-Inseln ging, hatte er noch veränderliche Winde. Noch mehrere andere Thatsachen, welche Romme [85]) mittheilt, scheinen darauf zu deuten, daß die Polargränze dieses Passates etwas näher am Aequator liege, als dieses beim NO-Passate der Fall ist. Wir wollen seine südliche Gränze zu etwa 21° annehmen, während seine nördliche in 2 bis 4° S liegt.

So haben wir in den Aequinoctialgegenden auf dem großen Ocean zwischen 23° N und 2° N den NO-Passat, zwischen 2° und 21° S den SO-Passat. Diese Winde erstrecken sich über das ganze Meer bis zu den Philippinen und Neu-Holland, zeigen sich jedoch erst in einiger Entfernung von der americanischen Küste, so 50 bis 60 Meilen westlich von Mexico und 100 bis 150 Meilen westlich von Peru. Wir wollen diesen Unterschied in verschiedenen Küstengegenden hier zunächst übersehen. In dem Zwischenraume zwischen beiden Passaten wird die Luft am stärksten erwärmt, dort ist der aufsteigende Luftstrom am lebhaftesten, und die Richtung des Windes in der Horizontale wird durch dieses Aufsteigen sehr vermindert. Theils diese horizontale und verticale Richtung der Ströme, theils das Zusammentreffen des obern und untern Stromes wahrscheinlich in geringer Entfernung vom Boden sind Ursache, daß hier keine regelmäßigen Winde herrschen. Diese kommen aus den verschiedensten Richtungen, und Windstillen wechseln unaufhörlich mit heftigen Windstößen und Orcanen (Tornados oder Travados der Spanier und Portugiesen). Wir wollen diesen Gürtel die Region der Calmen (région des calmes der Franzosen) nennen.

Bei den bisherigen Untersuchungen nahmen wir an, daß die Sonne im Aequator stehe; ändert sich aber ihre Declination, geht sie z. B. nach Norden, so rückt offenbar die Region der größten Wärme ebenfalls dorthin, es müssen daher alle vier Gränzen der Passate dahin folgen. Daß dieses wirklich der Fall

83) la Perouse Voyage II, 83.
84) Langsdorf Reise I, 74.
85) Romme Tableaux des vents I, 79.

st, darauf deuten die oben für verschiedene Jahreszeiten gegebenen Gränzen. Läge die höchste Temperatur stets in der Gegend, deren Breite mit der gleichnamigen Declination der Sonne zusammenfällt, so würde die Mitte von der Region der Calmen sich sehr leicht bestimmen lassen. Aber einerseits tritt die größte jährliche Wärme erst ein, wenn die Sonne durchs Zenith gegangen ist, andrerseits aber ist zu dieser Bewegung der Luft stets einige Zeit erforderlich; daher rücken die Gränzen bei nördlicher oder südlicher Declination der Sonne nur einige Grade nach Norden oder Süden. Mangel an einer hinreichenden Zahl von Beobachtungen verhindert mich, die Größe dieser Oscillation genau zu bestimmen, schwerlich aber möchte sie die Größe von 3 bis 4° auf jeder Seite der mittleren Lage übersteigen.

Weit bekannter als auf dem großen Oceane sind die Passate auf dem atlantischen Meere, indem hier Reisende seit mehreren Jahrhunderten eine schätzbare Reihe von Thatsachen gesammelt haben. Schon auf der ersten Reise durch dieses Meer wurde diese Beständigkeit der Winde bemerkt, und sie war der Hauptgrund, warum die Leute des Columbus so sehr auf die Beendigung der Reise drangen, indem sie glaubten, sie würden keinen günstigen Wind zur Rückkehr antreffen [86]). In ihrem Verhalten zeigen sie einige Abweichung von denen in der Südsee. Nach vielen Thatsachen, welche Romme gesammelt hat [87]) und deren Aufzählung hier zu weit führen würde, können wir die nördliche Gränze des NO-Passates in der Mitte des Meeres in etwa 28° bis 30° N. legen, die südliche Gränze liegt im Mittel in etwa 8° N, worauf bis etwa 3° N die Region der Calmen und sodann bis 28° oder 29° S der SO-Passat folgt. Jedoch scheinen die Winde auf dem südlichen Theile des atlantischen Meeres auf einer Strecke von wenigstens 200 (englischen) Meilen öfter Unregelmäßigkeiten unterworfen zu seyn. So hatte Tuckey südlich von 20° S Winde, welche jeden Augenblick wechselten und aus allen Gegenden des Horizontes kamen, seiner Meinung nach wegen der hohen Lage des benachbarten Continentes [88]).

86) Navarette Voyages de Colomb II, 24.

87) Romme Tableaux I, 300 fg.

88) Tuckey Neu-Süd-Wales, in Weimar. Bibl. d. Reis. XXIV, 27.

Weit genauer als im großen Oceane kennen wir die von den Jahreszeiten abhängigen Veränderungen der Gränzen. Schon John Seller bestimmte im J. 1675 die südliche Gränze des NO-Passates [89]). Nach ihm soll dieselbe im Januar, Februar und März in 4° N, im April in 5°, im Mai in 6°, im Junius in 8°, im Julius in 9°, im August in 11°, im September in 10°, im October in 8°, im November in 6° und im December in 5° N liegen. Horsburgh bestimmte nach den Zeugnissen von 258 Ostindienfahrern die Gränzen für die Mitte des Meeres (18° bis 26° W von Greenwich) folgendermaßen: [90])

Monat	Südliche Gränze des NO-Passates	Nördliche Gränze des SO-Passates	Breite der Region der Calmen
Januar	5°,75 N	2°,75 N	3°
Februar	6	1,25	4,75
März	5,25	1,25	4
April	5,75	1,25	4,5
Mai	6,5	2,75	3,25
Junius	9	3	6
Julius	12	3,5	8,5
August	13	3,25	9,75
September	11,75	3	8,75
October	10	3	7
November	8	3,75	4,25
December	5,5	3,25	2,25

Hiernach liegen die Gränzen etwa im März und September, also fast zwei Monate nachdem die jährlichen Temperaturextreme in höheren Breiten eingetreten sind, am meisten südlich oder nördlich, und es beweist diese Tafel hinreichend dasjenige, was oben von der Verrückung der Passate in dem großen Ocean gesagt wurde.

Zwei Punkte fallen in der obigen Tafel auf. Das ganze Jahr hindurch liegt die nördliche Gränze des SO-Passates in der nördlichen Halbkugel [91]); sodann ist der Raum zwischen beiden

89) Nach Horsburgh Indian directory. 4. London 1817. I, 26. bei Spix und Martius Reise nach Brasilien I, 78.

90) Spix und Martius l. l. p. 88.

Passaten bei nördlicher Declination der Sonne größer, als bei südlicher.

Für die erste von diesen Erscheinungen sind mancherlei Gründe angegeben worden, namentlich hat man die Ungleichheit in der Temperatur der nördlichen und südlichen Halbkugel genannt. Die Gränze beider Passate soll nämlich da liegen, wo sich die mittleren Temperaturen beider Halbkugeln das Gleichgewicht halten; da nun die südliche Halbkugel kälter ist als die nördliche, so muß zu jener noch ein Theil von dieser addirt werden, wofern die mittlere Wärme beider Theile gleich seyn soll, und daher muß sich der SO-Passat noch bis in die nördliche Halbkugel erstrecken. P. Prévost, welcher diese Ansicht zu erörtern suchte [92]), bemühte sich diese Gränze aus verschiedenen von ihm angenommenen Verhältnissen der mittleren Wärme abzuleiten, aber die von ihm gefundenen Größen entfernen sich zum Theil sehr bedeutend von der Wahrheit. Nur in dem Falle, wo er annahm, daß sich die mittlere Wärme der nördlichen Halbkugel zu der in der südlichen wie 11:9 verhalte, erhielt er für die Gränze beider Passate 5° 15′ N, mit der Erfahrung nahe übereinstimmend, jedoch möchte diese ungeheure Temperaturdifferenz der Natur wohl schwerlich entsprechen. Wäre diese Hypothese die richtige, so müßte auch in dem großen Oceane die Gränze des SO-Passates in der nördlichen Halbkugel liegen, was durch die Erfahrung nicht bestätigt zu werden scheint, wenigstens traf Anson dieselbe im Januar in 7° S, und Kotzebue im December in 14° 40′ S [93]). Auch die Lage dieser Gränze in verschiedenen Jahreszeiten macht diese Hypothese wenig wahrscheinlich. Die Mitte von der Region der Calmen (P.'s Gränze beider Passate) liegt im December, Januar und Februar in etwa 4° N; um eben diese Zeit ist die Wärme in der nördlichen

91) Dieses erwähnen auch fast alle mir bekannten Reisenden; es scheint demnach, daß die Behauptung von Capper (Bibl. britann. XXVI, 328), nach welcher sich der NO-Passat bei südlicher Declination der Sonne bis in die südliche Halbkugel erstrecken soll, auf einem Irrthume beruhe.

92) Journal de physique 1791. XXXVIII, 365—374.

93) Kotzebue Reise I, 104.

Halbkugel am kleinsten, in der südlichen am größten. Wäre die gegebene Erklärung die richtige, so würde hieraus folgen, daß die mittlere Temperatur des Winters in der nördlichen Halbkugel bedeutend größer sey, als die des Sommers in der südlichen: ein Resultat, welches gewiß der Natur nicht entspricht. Dieses Phänomen muß daher in einer andern Ursache gesucht werden und diese scheint in der eigenthümlichen Gestalt des Meerbeckens zu liegen, wie dieses Romme [94]) und Humboldt [95]) schon früher bemerkt haben.

In dem nördlich vom Aequator liegenden Theile von Süd-America finden wir die hohen Gebirge des Freistaates von Columbia, von denen im Norden das Antillenmeer, im Osten das atlantische Meer liegen. Bei südlicher Declination der Sonne sind diese Meere schon nach dem allgemeinen Gange der Temperatur wärmer als das Festland; durch den Meeresstrom, welcher am Maranon vorbeigehend in das Caraibenmeer fließt und hier gewissermaaßen die Quelle des Golfstromes bildet [96]), wird diese Temperaturdifferenz noch erhöht. Daher wird hier eine südliche Luftströmung entstehen, welche dann, wenn sie auf den allgemeinen Ostwind trifft, eine zusammengesetzte südöstliche Bewegung erzeugen und dadurch das Vordringen des NO-Passates verhindern wird. Dazu kommt, daß der ganze Umriß der Küste sehr nahe mit der Richtung des SO-Passates zusammenfällt; wenn dieser also bis in die Nähe des Aequators gekommen ist, so wird die östliche Luftströmung offenbar die Richtung wählen, in welcher sie den geringsten Widerstand findet, also nach NW gehen.

Der Passat zeigt sich eben so wie bei America's Westküste erst in einiger Entfernung von Africa; etwas nördlich vom Aequator scheint hier ein hohes Plateau zu liegen, dessen Spitzen zum Theil so hoch seyn sollen, daß sie in die Region des ewigen Schnees reichen. In 5° N biegt sich die Küste und mit ihr die Gebirge plötzlich nach Osten. Durch diese Configuration wird offenbar einerseits das Vordringen des NO-Passates nach Süden

94) Romme Tableaux des vents I, 314.

95) Humboldt Voyage II, 6.

96) Humboldt Voyage I, 122, und Sabine in Schweigger's Jahrbuch N. R. XXI, 377.

verhindert, andererseits aber wird auch hier der SO-Passat sich etwas weiter ausbreiten, indem er derjenigen Richtung folgt, in welcher er sich am leichtesten bewegen kann. Beide Umstände werden bewirken, daß auch hier der Wind etwas weiter nach Norden rückt. Wenn auf diese Art der Passat an den Gränzen dieses ohnehin schmalen Meerbeckens in die nördliche Halbkugel dringt, so wird begreiflich, daß dieses auch nach und nach in der Mitte erfolgen müsse. Wenig wahrscheinlich aber scheint es hiernach, daß die Gränze mit einem Parallelkreise zusammenfalle, vielleicht bildet sie einen gegen den Südpol convexen Bogen; doch fehlt es mir ganz an Thatsachen, diesen Punkt auszumitteln.

Wenn der SO-Passat nach und nach weiter nach Norden rückt, so nimmt derselbe allmählig einen Antheil an der vermehrten Drehungsgeschwindigkeit am Aequator, und wenn er endlich in die nördliche Halkugel tritt, so behält er zwar noch immer die östliche Richtung bei, seine Geschwindigkeit wird aber etwas vermindert, weil er in kleinere Parallelkreise kommt und also ein Streben hat, in einen Westwind überzugehen. Diese Gegenwirkung gegen die östliche Richtung wird desto bedeutender, je weiter wir uns vom Aequator entfernen, und hierin scheint mir der Grund davon zu liegen, daß die Region der Calmen bei nördlicher Declination der Sonne eine größere Breite hat, als bei südlicher.

Ehe wir zu den Winden in dem dritten großen Meerbecken übergehen, will ich noch eines Umstandes gedenken, welcher der oben gegebenen Erklärung der Passate zur Bestätigung dient. Nach dieser Hypothese muß in den oberen Regionen der Atmosphäre ein Luftstrom zwischen Westen und dem unsichtbaren Pole herrschen. Mehrere Thatsachen bestätigen auch die Existenz desselben. Während auf der an dem östlichen Rande der Antillenkette liegenden Insel Barbados der gewöhnliche NO-Passat wehete, waren die Bewohner nicht wenig erstaunt, als auf ihre Insel vulcanische Asche herabfiel; einige Zeit später erfuhren sie, daß diese von dem Vulcan auf der westlich liegenden Insel St. Vincent gekommen sey [97]); auf der Spitze des Pics auf Teneriffa

97) L. v. Buch Canarische Inseln S. 68. Daniell Essays p. 103.

sind westliche Winde vorherrschend, selbst dann, wenn auf dem Meere der NO-Passat weht [98]); dieser Wwind steigt und sinkt, je nachdem die Sonne weiter nach Norden oder Süden geht [99]). Eben so berichtet F. Paludan, ein mit den tropischen Meeren genau bekannter Seemann, daß die Wölkchen in den höheren Schichten sich häufig gegen den Passat bewegen [100]).

In welcher Höhe die Gränze beider Winde liege, ist bisher noch unbekannt, wahrscheinlich möchte sie in der Nähe des Aequators und der Polargränzen den Boden berühren und auf diese Art eine krumme Fläche bilden, deren Höhe in der Mitte eines jeden Passates am größten ist. Auf der Silla de Caracas in 10° 31′ N und 1350ᵗ Höhe fand Humboldt noch den O-Passat und er glaubt, daß er sich hier noch in einer Höhe von wenigstens 1500ᵗ zeige, während man auf dem Pic von Teneriffa den Wwind in 1900ᵗ trifft [1]).

An der Ostküste der Continente bildet dieser Passat gewissermaßen einen weiter verbreiteten Seewind, und daher geschieht es, daß die Polargränzen der Passate an America's Ostküste etwas weiter vom Aequator abstehen, als an Africa's Westküste. Wenn diese Winde ins Land dringen, so wird ihre Richtung durch Gebirge meistens geändert. Nur auf den Ebenen Südamerica's zeigt sich derselbe, es geschieht hier wohl, daß man ihn in den untern Regionen der Atmosphäre nicht bemerkt, während er oben fortweht. So fand A. v. Humboldt am 27sten April auf dem Orinoco, in 8° 54′ N, daß sich die Wolken mit Schnelligkeit von O nach W bewegten, während unten vollkommene Windstille herrschte [2]). Unter günstigen Umständen kann dieser Wind sehr tief ins Land dringen. In dem im Allgemeinen von O nach W laufenden Becken des Amazonenstromes weht derselbe so lebhaft, daß man von Gran-Para nach Tefe, eine Strecke von 560 Meilen (750 lieues), gegen den Strom mit diesem Winde segelt. In der Provinz Jaen de Bracamoros am Fuße des westlichen Abhanges der Cordilleren, wo der Amazonenstrom durch

98) Humboldt Voyage IV, 259. 99) v. Buch l. l.

100) Schouw Klimatologie I, 55.

1) Humboldt Voyage IV, 259

2) Humboldt Voyage VII, 277.

die Bergkette brechend, seinen bisher in der Richtung des Meridianes verfolgten Lauf verläßt, artet derselbe häufig in einen wahren Sturm aus [3]). Und auch über die Ebenen von Buenos-Ayres können diese Ostwinde bis zum Kamme der Anden aufsteigen [4]).

Es ist begreiflich, daß ein jeder der beiden Passate in der Mitte seiner Region am regelmäßigsten wehen werde, und da es hier an einem Zusammentreffen entgegengesetzter Winde und an einem Wechsel derselben fehlt, so ist der Himmel stets heiter und Regen gehört zu den Seltenheiten. Die Schiffer suchen daher auf ihren Reisen von Europa nach America denselben so vortheilhaft als möglich zu benutzen. Von Madeira gehen sie schnell nach Süden bis in die Nähe des Wendekreises, und dann segeln sie nach Westen. Und so sicher ist diese Reise und so unbedeutend die Arbeit des Matrosen, daß die spanischen Seeleute diesen Theil des atlantischen Meeres den Golf der Frauen (el golfo de las Damas) nennen [5]). Nur selten zeigen sich hier unregelmäßige Winde, und daher wird das Jahr 1803 noch lange als eine merkwürdige Ausnahme angesehen werden, indem mehrere spanische Schiffer in 14° N und 48° W (Paris) einen starken NNWwind trafen [6]), gerade so wie Kotzebue im December des in Europa so stürmischen und Unheil bringenden Jahres 1824 auf dem großen Oceane innerhalb der Region des Passates einen heftigen Sturm aus W hatte [7]).

Verwickelter als in den beiden bisher betrachteten Meerbecken ist das Verhalten der Winde im indischen Meere [8]); der Einfluß der benachbarten Ländermassen giebt sich hier auf eine sehr

3) Humboldt Voyage VII, 211.
4) Lambert in den Annales de chemie XLII, 395.
5) Humboldt Voyage II, 3.
6) Humboldt Voyage II, 8.
7) Kotzebue Neue Reise II, 83.
8) Als Quellen für diese Gegend dienen vorzüglich Forrest on Monsoons im Journey to the Mergui Archipelago. 4. London. Capper on Winds and Monsoons. 4. London 1800, wovon ich jedoch nur den Auszug in der Bibliothèque britannique Bd. XXVII benutzen konnte. Semeyns in den Verhaandelingen van het Maatsch. te Haarlem Bd. III. le Gentil Voyage Bd. I, und Romme Tableaux im Abschnitte Indisches Meer.

auffallende Art zu erkennen, und wir treffen hier den Passat nur in einem Theile des Meeres, während in dem übrigen Theile eigentliche Moussons wehen. Ein Theil der Verhältnisse von diesen ergiebt sich jedoch aus der Gestalt der Nachbarländer. Im Westen des Meeres liegt, sich von SSW nach NNO erstreckend, Africa; alle Angaben, welche Ritter mit sorgfältiger Kritik zusammengestellt hat, deuten darauf, daß wir hier ein hohes Plateau haben, dessen Vorstufen am Zambeze und im Alpenlande Habesch genauer erforscht sind. Nördlich von diesem Meere liegen Arabien und Persien, beide abgesonderte Plateaus von mäßiger Höhe bildend, beide in hohem Grade trocken, ohne Flüsse und nur dürftig mit Vegetation bedeckt. Südlich von den Sandwüsten an den Mündungen des Indus tritt plötzlich das Plateau Hindostan in dieses Meer, welches sich tief bis gegen Süden erstreckt, und in dessen Norden die mit ewigem Schnee bedeckte Kette des Himalaya, so wie das Hochland von Tibet liegen. Steil fällt Hindostan an der Westküste Malabar gegen das Meer, während das Gebirge an der Küste Coromandel sanfter ansteigt. Die Höhe des Plateaus über dem Meere ist ziemlich gleichförmig, nur westlich von der Nordspitze Ceylons senkt sich dasselbe bedeutend, und diese Senkung giebt zu localen Aenderungen der Winde Gelegenheit. Oestlich von dem bengalischen Meerbusen liegt das wenig bekannte Hinter-Indien; das Land erstreckt sich von hier im Allgemeinen nach NO, ein hohes Gebirge liegt nördlich vom chinesischen Meere, welches im Osten von der Kette der Philippinen begränzt wird. Im Süden und Osten der Halbinsel Malacca treffen wir große, zum Theil mit hohen Bergen bedeckte Inseln, von denen das vom Aequator durchschnittene Sumatra, Java, Borneo und Celebes die wichtigsten sind. Südlich von dieser Gruppe liegt Neu-Holland; das Innere desselben ist uns bisher unbekannt, aber der Mangel an Flüssen scheint darauf zu deuten, daß wir hier weder hohe Gebirge noch Hochländer zu suchen haben; die große Trockenheit der Winde fast an allen Küstenpunkten der Insel und welche sich schon 70 Meilen (100 lieues) von der Küste zeigt [9]), macht es wenig wahrscheinlich, daß im Innern große Wassermassen vorhanden seyen.

9) Péron Voyage I, 65.

Da diese Ländermassen sich sehr weit in die gewöhnliche Region der Passate erstrecken, so üben sie einen bedeutenden Einfluß auf ihre Richtung aus. Wenn auch die mittlere Jahreswärme in derselben Breite über dem Festlande und Meere gleich ist, so werden sich doch in den verschiedenen Jahreszeiten zwischen beiden sehr bedeutende Differenzen zeigen; durch die hohen Gebirge im Norden wird das Abfließen der obern Luftmassen entweder ganz gehindert, oder doch erschwert.

Beginnen wir unsere Betrachtung mit dem Januar, so ist um diese Zeit die Temperatur des südlichen Africa am größten, die von Asien am kleinsten; die Temperatur des nördlichen Theils vom indischen Meere größer als die des Festlandes, aber geringer als die des südlichen Theiles in gleicher Breite. Das Verhältniß der Temperaturen ist jetzt nahe eben so als auf unserm fingirten Meere, in beiden Halbkugeln finden wir östliche gegen die Region der größten Wärme gerichtete Ströme; es herrscht vom October bis zum April südlich vom Aequator der eigentliche SO-Passat, nördlich von jenem der NO-Passat, welcher hier der NO-Mousson heißt, und zwischen beiden liegt die Region der Calmen. Die nördliche Gränze des SO-Passates treffen wir dann etwas südlich vom Aequator. Kehrt hierauf die Sonne nach Norden zurück, so wird die Temperatur über dem Festlande und Meere nahe gleich, in der nördlichen Halbkugel wird sich kein allgemeiner Wind zeigen, wir treffen veränderliche Ströme und neben den Windstillen heftige Orcane, während der SO-Passat in dem oben angegebenen Raume das ganze Jahr hindurch fortdauert. Wird endlich die nördliche Declination der Sonne bedeutender, dann steigt die Temperatur über Asien schneller, als über dem Meere, während sie in Neu-Holland und dem südlichen Africa sinkt. Im Julius und August, wo diese Wärmedifferenz am größten ist, finden wir daher in den untern Schichten über dem nördlichen Theile des Meeres Strömungen, welche im Allgemeinen gegen das Land gerichtet sind. Beachten wir die gegenseitige Lage der beiden großen Ländermassen, deren Temperaturdifferenz am größten ist, nebst dem Einflusse der Axendrehung der Erde, dann folgt von selbst, daß dieser Luftstrom im Allgemeinen aus SW kommen muß. Dieser SW-Mousson herrscht vom April bis zum October. Während also in dem südlichen Theile

dieses Meeres das ganze Jahr der gewöhnliche Passat herrscht, treffen wir im Norden vom April bis October den SW-Mousson, vom October bis April den NO-Mousson.

Diese allgemeinen Verhältnisse erleiden jedoch in manchen Gegenden vielfache Aenderungen, von denen ich nur einige der bedeutenderen erwähnen werde. Die Zeit, wo die Moussons wechseln, ist nicht in so scharfe Gränzen eingeschlossen, als hier eben angegeben wurden, sie hängt für jeden Ort von seiner Breite ab; auch erfolgt der Uebergang von dem einen zum andern durch veränderliche Winde und Windstillen. Dieser Wechsel erfolgt früher in den oberen Schichten der Atmosphäre, als in der Nähe des Bodens; drei bis vier Wochen vor dem Wechsel haben die höchsten Wolken eine Richtung, welche der des herrschenden Moussons entgegengesetzt ist und mit der des folgenden zusammenfällt. Le Gentil, dem wir diese Bemerkung verdanken, fügt hinzu, daß eben diese Bewegung der Wolken ganz der Theorie Halley's gemäß die Existenz der beiden entgegengesetzten Winde beweise [10].

Die Gegend, in welcher der SO-Passat das ganze Jahr regelmäßig weht, liegt zwischen 12° S und 28° S. Als Carteret im October von Java nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung ging, hatte er denselben während der ganzen Reise [11]. Am Ende Februars fand ihn Cook auf seiner ersten Reise 75 Meilen südlich und 45 Meilen westlich von Java; derselbe bemerkt, daß sich um diese Zeit der SO-Passat bis 10° oder 12° S erstrecke, während der NO-Mousson die südliche Breite von 6° oder 8° erreiche [12]. In eben diesem Monate traf King denselben nach einem heftigen Windstoße aus Süden in 13° S. [13]), obgleich hier Kotzebue um dieselbe Jahreszeit noch einen starken Sturm aus W hatte [14]. Die südliche Gränze dieses Windes ist im Januar mehrere Grade weiter vom Aequator entfernt, als im

10) le Gentil Voyage I, 485.

11) Hawkesworth Geschichte I, 442.

12) Ebend. III, 394.

13) Troisième Voyage de Cook IV, 469.

14) Kotzebue Reise II, 168.

Julius. Kotzebue fand denselben unfern Madagascar in 29° 19′ S [15]).

In der Nähe des Landes wird die Richtung dieses Windes mehrfach abgeändert. Bei nördlicher Declination der Sonne ist die Luft über Africa weit kälter, als über dem benachbarten Meere, es werden daher hier in den untern Regionen westliche Strömungen entstehen, welche den SO-Passat entweder aufheben oder wenigstens schwächen. Um diese Zeit finden wir daher auf Bourbon und Isle de France Windstillen und veränderliche Winde [16]), während auf der schon weiter vom Lande entfernten Insel Rodriguez der SO-Passat vorherrscht [17]). Madagascar, von hohen Gebirgen durchschnitten, bildet ein Bollwerk gegen den Andrang des SO-Passates, daher kommt derselbe nicht in den Canal von Mosambique. Anders ist das Verhältniß bei südlicher Declination der Sonne, dann rückt der SO-Passat bis an die Küste, und die höhere Wärme des Landes ist Ursache, daß seine südliche Gränze hier weiter vom Aequator absteht, als in der Mitte des Meeres, gerade so wie dieses an der Ostküste des neuen Continentes der Fall war. Dann ist an der Südspitze von Madagascar der SO-Passat so lebhaft, daß er in den Canal von Mosambique eindringt und sich bis Sofola und den Inseln Bazarutto erstreckt [18]).

Die Nähe von Africa und Madagascar haben auf die Winde in dem oben genannten Canale einen sehr großen Einfluß. In einem großen Theile des Jahres wehen hier veränderliche Winde, man kann jedoch zwei Moussons unterscheiden. Vom April bis zum November kommen die Winde im ganzen Canale vorzugsweise aus SW, S, SO und OSO, also im Allgemeinen aus Süden, wie es die Breite dieser Gegenden erfordert; dann folgt späterhin der NO-Mousson, welcher auch die schon mehrmals

---

15) Kotzebue Reise II, 144. Da dieser Wind in seinem normalen Verhalten dem allgemeinen SO-Passat so ähnlich ist, so halte ich es für überflüssig mehr Thatsachen über ihn anzuführen. Diese finden sich in den Schriften von Romme, Capper, Forrest u. a.

16) Romme Tableaux I, 127. Péron Voyage I, 49.

17) Romme Tableaux I, 129.

18) Ibid. I, 132.

erwähnte Verrückung der Gränze der Winde mit der Sonne bestätigt [19]. Im Anfange des Novembers nämlich zeigt sich dieser Wind auf den am Eingange des Canales liegenden Comorro-Inseln, erst am Ende des Monates bemerkt man ihn in der südlicher liegenden Bai St. Augustin. An seinem weiteren Vordringen nach Süden wird er durch den hier herrschenden SO-Passat gehindert [20].

Gehen wir nach dem östlichen Rande dieses Meerbeckens, so finden wir hier im Allgemeinen eine flache sandige Küste, welche bei dem fast stets heiteren Himmel sehr stark erwärmt wird, so daß das Thermometer selbst im Winter der dortigen Gegenden bis zu 30° steigt [21]. Bei südlicher Declination ist die Luft über dem Lande bedeutend wärmer, als über dem Meere; es entstehen daher hier locale, den SO-Passat aufhebende Winde; Reisende haben hier westliche oder veränderliche Ströme gefunden, welche besonders am Tage lebhaft wehen, während in der Nacht vollkommene Windstille herrscht (vielleicht durch Landwinde aufgehoben, während der Seewind noch den Wwind verstärkte?), wie dieses aus den Erfahrungen von Dampier im Januar und März [22] und von Baudin im März hervorgeht [23]. Ist die Sonne in der nördlichen Halbkugel, dann zeigen sich besonders im Junius und Julius schwache östliche Winde, welche mit Westwinden wechseln [24]. Forrest vermuthet, daß um diese Zeit südliche Winde vorherrschen [25], und dieses scheint auch aus den Erfahrungen von Dampier im August hervorzugehen. An dieser Küste, welche in der südlichen Breite von 25° nahe mit dem Meridiane zusammenfällt, fand er zu dieser Jahreszeit statt der östlichen Landwinde Ströme aus OSO oder SSO, welche nach

19) S. oben S. 180 und 181.

20) Romme Tableaux I, 130 u. 132.

21) Péron Voyage II, 211.

22) Bei Romme Tableaux I, 133.

23) Péron Voyage I, 133.

24) Ibid. I, 190.

25) Bei Romme Tableaux I, 133.

dem Parallelogramm der Kräfte auf eine Ablenkung durch südliche Ströme deuten [26]).

Bei südlicher Declination der Sonne herrscht in dem nördlichen Theile dieses Meeres ein Mousson, welcher der NO-Mousson heißt, weil der Wind in dem von den Europäern am meisten besuchten Theile diese Richtung hat, welche in andern Gegenden indessen N oder NW wird. Dann herrscht zwischen dem Aequator und etwa 5° N von Sumatra bis Africa ein ziemlich regelmäßiger NOwind mit schönem Wetter. In der Nähe von Africa's Küste zeigt sich dieser Wind früher regelmäßig, als auf dem Meere, früher am Aequator, als am Cap Guardafui. Im Januar, wo dieser Wind am regelmäßigsten weht, werden in der Nähe von Africa durch Einwirkung dieses Landes westliche Strömungen erzeugt, welche durch ihr Zusammentreffen mit dem NO-Mousson veränderliche, aber meistens aus Norden kommende Winde verursachen [27]).

In dem Raume, der zwischen dem Aequator und der Region liegt, welche sich in der Mitte des Meeres bis zu 8° oder 9°, südlich von den Sunda-Inseln bis zu 12° oder 13° S erstreckt, treffen wir veränderliche Winde, abwechselnd mit Windstillen und Stürmen. Die Winde kommen vorzugsweise aus dem Raume zwischen NW und SW. Diesen Mousson, welcher durch eine Region der Calmen von den weiter nördlich und südlich wehenden Winden getrennt wird, nennt le Gentil [28]) SW-Mousson, Romme [29]) einen NW-Mousson.

Interessant ist das Verhalten der Winde bei Sumatra. Da diese vom Aequator durchschnittene und von hohen Bergen durchzogene Insel in der Region zweier Winde liegt, so sind die Moussons an beiden Hälften dieser Insel sehr ungleich, und Forrest verfiel, als er zuerst diese Meere besuchte, in manchen Irrthum, indem er glaubte, daß Erscheinungen, welche er an einem Punk-

26) S. oben S. 171. Die Reise von Flinders konnte ich nicht im Originale benutzen, und in der Weimarschen Uebersetzung sind die Abschnitte, welche von den Winden handeln, weggelassen.

27) Romme Tableaux I, 139.

28) le Gentil Voyage I, 639.

29) Romme Tableaux I, 134.

[illegible] bemerkte, der ganzen SW-Küste gemein wären [30]; auch Marsden scheint das Verhalten der Winde in dem südlichen Theile auf die ganze Insel auszudehnen [31]). Bei südlicher Declination der Sonne hat die nördliche Hälfte den NO-Mousson, die südliche den NW-Mousson, beide sind durch eine Region getrennt, die nach Forrest durch einen Halbkreis bestimmt wird, von dem ein Bogen durch Acheen-Head geht und dessen Mittelpunkt an der Küste in 1° N liegt. Während auf dem nördlichen Theile heiteres Wetter herrscht, sind um diese Zeit auf dem südlichen Regen und Gewitter häufig [32]). In beiden Hälften aber zeigen sich die Moussons nur dann regelmäßig, wenn sie auf dem Meere mit der größten Stärke wehen [33]).

Die Insel Java, welche um diese Zeit in der Region des NW-Moussons liegt, hat denselben ziemlich regelmäßig [34]), und eben dieses gilt von den übrigen Sunda-Inseln bis gegen Timor [35]). Diese Winde erreichen ihre größte Stärke im Januar und die von Stürmen und Gewittern begleiteten Regen dauern vom December bis zum Februar.

In dem Meere zwischen der Küste Malabar und Africa treffen wir jetzt sehr regelmäßige NO winde; jedoch sind in der Nähe Hindostans die Land- und Seewinde regelmäßig. In der Mitte Januar ist die östliche Gränze dieses Moussons am weitesten von der Küste Malabar entfernt, dann wehen an dieser häufig Winde zwischen NNW und WNW, welche sich hier, so wie auf den Malediven vom Februar bis zum April oft in großer Stärke zeigen [36]). Dieser NO-Mousson zeigt sich in dem nördlichen Theile des Meeres mit größerer Stärke und Regelmäßigkeit, als im südlichen, es nimmt diese desto mehr zu, je näher wir an die Insel Socotora kommen [37]). Nur in der Nähe des Landes wird die

---

30) Forrest on Monsoons p. 107.

31) Marsden history of Sumatra p. 13.

32) Marsden l. l. Romme Tableaux I, 141.

33) Marsden Sumatra p. 17.

34) Romme Tableaux I, 136.

35) Ibid. p. 95.

36) Ibid. p. 172. 176.

37) Ibid. p. 175.

Richtung dieses Windes geändert, es nähert sich dieselbe stets der auf der Küste senkrecht stehenden; daher finden wir in der Bai von Cutsch häufig Winde aus O oder OSO [38]), an den Küsten Guzerat, Scind und Guadel aus NW [39]), ja fast auf dem ganzen Wege von Bombay nach dem persischen Meerbusen fand Morier im Februar NWwinde [40]); an der Küste Arabiens kommen dann die Winde mehr aus O [41]).

In dieser Jahreshälfte weht im Golf von Bengalen zwar der NO-Mousson, aber erst im December kommen die Winde regelmäßig aus NNO bis ONO, im Januar, Februar und März drehen sie sich zuweilen nach SO und selbst SW. Aber auch hier wird ihre Richtung etwas durch die Küsten abgeändert: so liegt ihre Richtung an den Mündungen des Ganges zwischen NNW und ONO [42]), so wie denn überhaupt hier ihre Richtung und Stärke nicht constant sind [43]). Bei den Nicobaren und Andamanen kommt der Wind alsdann häufig aus N [44]) und eben daher kommt der Wind an den Küsten von Malacca und Siam [45]).

An der Ostküste Hindostans bringt dieser Wind schlechtes Wetter; Windstöße aus NO gehören zu den gewöhnlichen Erscheinungen, es sind jedoch die Gewitter und Regen hier nicht so bedeutend, als zur Zeit des SW-Moussons auf der Küste Malabar [46]), offenbar, weil an letzterer das Land weit steiler ansteigt. Selten erstrecken sich diese Windstöße bis Trankebar und Negapatnam [47]), wahrscheinlich wegen der oben erwähnten Senkung des Plateaus in dieser Gegend [48]). Im December, wo hier die Winde regelmäßig wehen, kommen sie am Morgen aus NW bis NNW, am Mittage aus NNO bis ONO; eine Aen-

38) Romme Tableaux I, 183.

39) Ibid. p. 176. 183.

40) Morier second Journey p. 25 u. 31.

41) Romme Tableaux I, 185.

42) Ibid. p. 152.

43) Ibid. p. 154.

44) Ibid. p. 156.

45) Ibid. I, 157.

46) Ibid. p. 161.

47) Ibid. p. 166.

48) S. oben S. 187.

derung, die sich aus dem schon mehrmals erwähnten Einflusse der Brisen ergiebt.

Um diese Zeit herrscht im chinesischen Meere ein N-Mousson; die Hauptländermasse liegt im Norden, Malacca und Sumatra verhindern diesen Wind sich nach O zu drehen. Jedoch ist derselbe eben so wenig constant, als der S-Mousson in der zweiten Hälfte des Jahres [49]), obgleich er weit regelmäßiger weht, als der Mousson im Golf von Bengalen [50]). Auch hier wird die allgemeine Richtung durch die Lage der Küsten abgeändert; es kommt der Wind in Neu-Guinea und zwischen dieser Insel und Java aus NW [51]); eben dieses ist der Fall auf Java und in der Sundastraße [52]). Auf den Molucken kommt er mehr aus NNW, als aus NW, jedoch bleibt er lange veränderlich [53]). An der Westküste von Celebes liegen die Winde zwischen WNW und WSW, gehen aber weiter gegen Borneo nach WNW und NW [54]). Auf den am Rande des Beckens liegenden Philippinen zeigt sich alsdann ein NO-Mousson, welcher jedoch wohl schon mit dem allgemeinen NO-Passat zusammenfallen möchte [55]). Eben dieser Mousson kommt an der Küste von China mehr aus NO [56]), in der Bai von Tonkin mehr aus NNO [57]), an den Küsten von Cochinchina aus O [58]), im Golf von Siam kommt er im November aus N, geht aber im Januar mehr nach O [59]).

Wir gehen jetzt zu den Erscheinungen, die sich in der zweiten Hälfte des Jahres, bei nördlicher Declination der Sonne, zeigen. Zwischen dem Aequator und 10° S herrscht vom April bis October ein östlicher Mousson, welchen le Gentil den NO-Mousson nennt [60]), obgleich die Richtung der Winde vorzüglich zwischen SSO und O liegt. Nicholson hatte am Ende Augusts von Ceylon bis zum Aequator starke Winde zwischen WSW und SW, in 3½° S fand er regelmäßige SOwinde, die ihn

49) Romme Tableaux I, 97.
50) le Gentil Voyage I, 628.
51) Romme l. l. p. 193.
52) Ibid. p. 95.
53) Ibid. p. 100.
54) Ibid. p. 105.
55) Ibid. p. 108.
56) Ibid. p. 98.
57) Ibid. p. 106.
58) Ibid. p. 105.
59) Ibid. p. 104.
60) le Gentil Voyage I, 639.

nach der Insel Rodriguez führten [61]). Es scheint, daß wir diesen Wind als die Fortsetzung des gewöhnlichen SO-Passates ansehen müssen. Nur an der Küste Africa's herrschen dann westliche Winde, vorzüglich zwischen SSW und SW, welche desto mehr nach Westen gehen, je näher wir an den Aequator kommen. An der Südküste Java's dagegen entsteht aus der Zusammensetzung dieses Windes mit dem von den Bergen herabkommenden nördlichen Strome ein Ostwind, dessen Stärke vom Junius bis zum Ende des Septembers am größten ist [62]); zwischen dieser Insel und Neu-Holland liegt die Richtung der Winde zwischen SSO und O [63]).

Nördlich vom Aequator herrscht dann der SW-Mousson, welcher in dem südlichen Theile von Windstößen und Regen begleitet ist, während er an der Küste Africa's mehr nach Süden geht; nur in der Mitte des Meeres ist er regelmäßig [64]). Arabien würde, wofern keine andern Ursachen wirksam wären, auf dem benachbarten Meere Ostwinde erzeugen, dadurch wird hier der SW-Mousson geschwächt; nur zwischen Aden und Merbat (Morebat) liegen die Winde vorzugsweise zwischen SW und SSW, dagegen gehen sie im nördlichen Theile häufig nach O; so hat man bemerkt, daß, wenn im August südlich vom Cap Rasalgat ein frischer Südwind weht, dieser in der Nähe und nördlich von demselben häufig nach SO übergeht, worauf man bis Mascate leichte und veränderliche Winde trifft [65]).

In der Mitte des Meeres weht dieser SW-Mousson ziemlich regelmäßig mit gleicher Stärke, nur an der Küste Malabar und der Westküste Ceylons werden die Winde ungestüm, sie sind dann von Gewittern und Regengüssen begleitet. Zu eben dieser Zeit ist der Himmel auf der Küste Coromandel heiter. Auch im bengalischen Meerbusen ist dieser Mousson ziemlich regelmäßig, nur die Lage der Küsten ändert seine Richtung etwas ab. So kommt er an den Mündungen des Ganges mehr aus S, selbst aus SO, und an der Küste Coromandel wehen eben so wie bei Ara-

61) Romme Tabl. I. p. 125.

62) Romme p. 136.

63) Ibid. p. 95.

64) Ibid. p. 140.

65) Ibid. 184.

dien, oft mehrere Tage OSOwinde [66]. Die Nicobaren und Andamanen verhindern die Annäherung an die Küste und man findet dort veränderliche Winde [67].

Bei Sumatra müssen wir eben so wie oben die beiden Hälften unterscheiden. Am südlichen Theile weht dann der SO-Passat, dessen Richtung im Allgemeinen zwischen SO und SSW liegt, häufig wird derselbe jedoch auf mehrere Tage durch Winde aus NW unterbrochen. Das Wetter ist dabei heiter. Auf dem nördlichen Theile der SW-Küste weht dann bei Acheen der SW-Mousson, der sich mehr nach SSW und S wendet, während er auf dem Meere mehr WSW und SW ist. Es scheint aber, als ob hier die Winde von den vorliegenden Gebirgen aufgehalten und zurückgedrängt würden, denn von Acheen Head bis zum Aequator kommen sie häufig aus NW und sind dann von Regen begleitet.

In dem chinesischen Meere herrscht jetzt ein eigentlicher Süd-Mousson; es ist derselbe aber in Neu-Guinea SO, auf der nördlichen Küste von Timor SSO, auf Java weht ein von häufigen NOwinden unterbrochener SOwind; auf den Molucken kommt er vorzugsweise aus SSO, auf Amboina und Banda mehr aus O bis SO. Die Niederschläge von Wasser sind dann auf diesen Inseln reichlich, Stürme finden nicht selten Statt. In der Straße von Macassar kommt der Wind aus S, und eben dieses ist an der Ostküste von Borneo der Fall. Auf den Philippinen ist dieser SW-Mousson erst im Junius fixirt, dann erstreckt er sich bis zu den Marianen; die spanische Gallione begann ihre Reise nach Acapulco alljährlich mit demselben. In der Bai von Tonkin sind Orcane gewöhnliche Erscheinungen, der Wind scheint jedoch im Allgemeinen aus SW zu kommen; an der Küste Cambodscha zeigen sich heftige Winde aus SW; im Golf von Siam scheint die Richtung zwischen SW und W zu liegen.

Bei dieser allgemeinen Uebersicht habe ich die Zeiten, wo die Moussons beginnen und enden, nur durch die Zeit der Aequinoctien angegeben, indessen ist dieses nicht vollkommen naturgemäß. Wenn um die Zeit der Nachtgleichen der Wärmeunterschied zwischen Festland und Meer verschwindet, so haben

66) Romme p. 152. 67) Ibid. p. 156.

die Luftströme keine entschiedene Richtung, man trifft Windstillen, veränderliche Winde und Orcane. Erst dann wenn die Temperaturdifferenz größer wird, beginnt der entgegengesetzte Mousson, und eben so wie Land- und Seewinde sich zunächst an den Küsten zeigen, verbreitet sich auch der Mousson nach und nach von der Küste aus ins Meer. So zeigen sich die Moussons des chinesischen Meeres auf den Sundainseln erst vier bis sechs Wochen später als an den Küsten von China [68]), fast einen Monat später in der Mitte des Golfs von Bengalen als an den Küsten [69]). Der SW-Mousson zeigt sich an der Küste Africa's im März; je weiter wir nach Osten gehen, desto später finden wir ihn; erst zwischen dem Ende Aprils und der Mitte Mais zeigt er sich an der Küste Malabar [70]); aber eben so wie er sich dort früher zeigt, so verschwindet er auch früher.

Wenn der Umriß der Küsten im Allgemeinen mit dem Meridiane zusammenfällt, so zeigt sich der Einfluß, welchen die Declination der Sonne auf die Richtung der Winde hat, auf eine sehr entschiedene Art. In Anjengo (in 8° 30′ N) auf der Küste Malabar zeigt sich der SW-Mousson schon am 12ten April, in Bombay (19° N) erst am 15ten April; die Verrückung beträgt also täglich etwa fünf Meilen [71]). Eben dieser Mousson zeigt sich bei Arabien fast einen Monat später, als an der Küste von Africa [72]); 15 bis 20 Tage später auf der Küste Coromandel, als auf dem nördlichen Theile von Ceylon [73]).

Gewöhnlich werden in den Lehrbüchern nur die Moussons im indischen Meere angeführt, und in der That zeigen sie sich nirgends so auffallend und mit so eigenthümlichen Charakteren, als dort; wenn wir indessen unter Moussons einmal solche Winde verstehen, welche einen Theil des Jahres größtentheils aus derselben Richtung wehen, während dieselben in dem übrigen Theile entweder veränderlich sind, oder wohl eben so bestimmt aus einer andern

---

68) Romme I, 95.

69) Ibid. p. 148.

70) Ibid. p. 173.

71) Capper in Bibliothèque britannique XXVII, 39 u. Romme p. 176.

72) Romme I, 183.

73) Ibid. 158.

Richtung kommen, dann müssen wir noch einige andere Gegenden erwähnen, wo man ähnliche Wechsel bemerkt.

Weniger des ausgezeichneten Charakters als der Lage wegen, wollen wir hier mit dem rothen und persischen Meere beginnen. Nach d'Après wehen vom August bis Mai auf dem rothen Meere Winde zwischen S und SSO [74]); auch Valentia hörte im Februar in Suakim von seinen Lootsen, daß die Winde acht Monate hindurch südlich wären, jedoch fügt dieser Reisende hinzu, daß alle von ihm eingezogene Nachrichten darauf deuteten, daß der Wind seine Richtung häufig ändere, er selber hatte zu dieser Zeit fünf Wochen lang NOwinde [75]); was auch mit den von Dampier mitgetheilten Erfahrungen von Rogers übereinstimmt, wonach vom October bis Mai NO, in dem übrigen Theile des Jahres SWwinde vorherrschen sollen [76]). Vom Mai bis zum August sollen nach Romme (l. l.) N bis NNWwinde wehen, aber Valentia, welcher bereits am 21sten März in Massowah ankam, hörte von eingebornen Lootsen, daß der NW-Mousson bereits eingetreten sey und fand dieses durch eigne Erfahrung bestätigt [77]). In dem nördlichen Theile dieses Meerbusens, zwischen Cosseir und Suez, weht nach eben diesem Beobachter der Wind länger als 8 Monate aus NW [78]) und dieses scheint mir nach der Lage des Beckens, nach welcher einen großen Theil des Jahres kalte Luft von N nach S strömt und dem Verhalten der Winde im nördlichen Africa (siehe nachher) weit wahrscheinlicher, als die obige Angabe von d'Après. Nur in der Nähe der Küsten, wie bei Tor [79]), scheinen die Winde veränderlicher zu seyn. In dem südlichen Theile des Meeres, bei Mocha, wehen nach Malham vom Anfange Aprils bis zur Mitte Augusts Winde zwischen W und WSW [80]), also mit dem SW-Mousson auf dem Meere zusammenfallend; in dem übrigen Theile des Jahres ist der Wind SO, zuweilen so heftig, daß er den Verkehr zwischen den Schiffen auf der Rhede und dem Ufer hindert [81]).

74) Romme I, 186 75) Valentia Reise II, 67.
76) Dampier Traité des Vents p. 23.
77) Valentia Reise II, 83.
78) Ebend. 108 u. 214.
79) Rüppell Reisen p. 183.
80) Romme I, 186. 81) Valentia Reise II, 107.

Noch unsicherer als beim rothen Meere sind die mir bekannten Nachrichten über die Winde im persischen Meerbusen, vielleicht daß die Moussons hier noch weniger bestimmt sind. Nach Nichelson wehen vom Ende des Septembers bis zum Julius Winde aus WNW und NW, ganz der obigen Theorie gemäß, dann folgen in der übrigen Zeit des Jahres SOwinde [82]). Häufig finden sich jedoch Ausnahmen; so sind in Abushehr die Winde nach den Beobachtungen von Jukes sehr unregelmäßig [83]). Wie es sich übrigens mit der von Chardin erzählten [84]) Thatsache, daß in Gamroon in der Nähe von Ormus der Wind alle Tage den ganzen Kreis durchläuft, indem er von Mitternacht bis zum Aufgange der Sonne aus N, bis 10^h aus O, von 3^h Abends bis zum Untergange der Sonne aus S und von da bis Mitternacht aus W weht, verhalten möge, kann ich aus Mangel an näheren Nachrichten nicht entscheiden.

An der Ostküste Africa's kann man südlich von Madagascar eine Annäherung an regelmäßige Moussons erkennen, dann wehen vom Mai bis October westliche, vom October bis April östliche Winde [85]), welche am Vorgebirge der guten Hoffnung in NW und SO übergehen [86]).

An der Ostküste von Süd-America zeichnet sich in dieser Hinsicht die Küste zwischen dem Cap Gracia de Dios und Cap la Vela aus, obgleich auch hier keine so große Regelmäßigkeit gefunden wird, als im indischen Meere. Vom März bis zum November ist der Wind OSO, in der übrigen Zeit des Jahres herrschen häufig Westwinde [87]), völlig der Temperaturdifferenz zwischen Festland und Meer gemäß. Eben so sind an der Küste Brasiliens die Winde vom September bis März ONO, vom März bis September OgN bis OSO, zuweilen bis S [88]),

82) Romme I, 187.

83) Malcolm history of Persia I, 505.

84) Chardin Voyages VIII, 516.

85) Romme I, 123.

86) Ibid. p. 15.

87) Dampier Traité des Vents p. 20.

88) Dampier l. l. p. 21. Romme I, 37. Spix und Martius Reise I, 80 cit. John Purdy sailing directions for the eastern coasts of Brasil 8. London 1818. p. 2.

jedoch erstrecken sich diese Winde meistens nur 20 bis 30 Meilen ins Meer, worauf sich wieder der allgemeine Passat zeigt. Auch an der Küste von Nord-America vermögen wir einen ähnlichen Wechsel der Winde zu erkennen [89]). Ein ähnliches Verhalten zeigt sich in Congo, wahrscheinlich in der Nähe von der Mündung des Zaire in 5° S; hier wehen vom April bis zum August Winde zwischen NO und W mit vielem Regen, in dem übrigen Theile des Jahres zwischen S und SO mit heiterem Himmel [90]). Es lassen sich noch mehrere Gegenden des Meeres nachweisen, in denen sich eine eben solche periodische Richtung des Windes zeigt: es möge nur noch die Bai von Panama erwähnt werden. Hier weht der Wind vom September bis zum März zwischen O und ONO, in der übrigen Jahreszeit zwischen S und SSW. Der ONO-Mousson erstreckt sich zuweilen bis la Plata [91]).

Obgleich wir die Winde bisher nur auf dem Meere beobachtet haben, so treffen wir doch in verschiedenen Theilen des Festlandes ebenfalls periodische Winde an, welche wir ebenfalls nennen können, wie dieses meines Wissens zuerst Rennell gethan hat [92]). Die Störungen auf dem Festlande rühren hauptsächlich von den Gebirgen her; dort aber, wo wir in den Tropengegenden große Ebenen antreffen, verschwindet ein Theil derselben, und so finden wir hier mehr oder weniger regelmäßige Winde. Kein Theil der Erde eignet sich zur Erzeugung dieser Winde so gut, als die Sahara. Eine weit ausgedehnte, fast allenthalben der Vegetation beraubte und mit grobem Gerölle oder feinerem Sande bedeckte Ebene, hat die größte Aehnlichkeit mit der Meeresfläche und wirklich ist diese Aehnlichkeit so groß, daß der Araber das Kameel das Schiff der Wüste nennt, und daß es selbst dem fanatischen Mauren genügt, sich zu den Stunden mit Sand zu reiben, wo ihm der Koran das Waschen befiehlt. Aus den Forschungen Ritter's, welche durch die neueren Reisen zum großen Theile bestätigt sind, wird es sehr wahrscheinlich, daß südlich von die-

89) S. später die Winde in höheren Breiten in Nord-America.

90) Lopez und Pigafetta Report of the kingdom of Congo, in Oxford Voyages II, 528—529.

91) Romme I, 91.

92) Mungo Park travels, Appendix p. XVI.

sen Sandmeere ein hohes Plateau liege. Wenn die Declination der Sonne südlich ist, dann wird das Plateau stark erwärmt, während die Sahara so stark erkaltet, daß es selbst Eis friert [93]). Das Umgekehrte findet bei nördlicher Declination der Sonne Statt, dann ist der Himmel am Nordrande des Plateaus und dem südlichen Theile der Wüste wegen der nassen Jahreszeit stets bewölkt und erkaltet dadurch sehr stark, während die Luft von der fast vertical stehenden Sonne über der Sahara so stark erwärmt wird, daß das Thermometer nach den Erfahrungen von Lyon und Ritchie selbst am Morgen um 6 Uhr auf 31° steht [94]). Daher muß bei südlicher Declination der Sonne in der Sahara ein NO, bei nördlicher ein SW wind herrschen. Und dieses bestätigt auch die Erfahrung. An den Mündungen des Senegal wehen vom November an NO winde [95]); nach Beaver kommen auf der Insel Bulam an der Mündung des Rio Grande die Winde neun Monate des Jahres aus SW, aber im November und December zeigen sich kalte NO winde [96]). Eben so fand Mungo Park am westlichen Theile des Südrandes der Sahara vom Mai bis September SW, sonst größtentheils NO winde [97]). In Fezzan herrschen nach Sherif Imhammed vom Mai bis zum Ende Augusts vorzüglich Winde aus O, SO, S oder SW [98]), und in eben diesem Lande fand Denham im December kalte Winde aus N und NO [99]), was auch durch die Erfahrungen von Hornemann bestätigt wird, welcher sehr über die kalten N winde klagt [100]). Eben so soll nach den Bemerkungen des Sherif Imhammed das Klima in Cashna und Bornu beschaf-

93) Clapperton Journey from Kouka to Sackatoo p. 10, in Denham Narrative. Rüppell Reisen p. 72.

94) A. v. Humboldt über die Hauptursachen der Temperaturverschiedenheit p. 9.

95) Golberry fragmens I, 238.

96) Romme I, 29.

97) Mungo Park travels p. 116, 147, 167, 258.

98) Lucas in den Proceedings I, 136.

99) Denham Narrative p. 8.

100) Hornemann Voyage I, 111.

fen seyn [1]), übereinstimmend mit den Erfahrungen von Denham und Clapperton [2]). Eben dieses ist der Fall im Osten; so hatte Browne in Assiout in Aegypten im November beständig NW Winde [3]), und in Kordofan und Dongola zeigt sich nach Rüppell ein ähnliches Verhalten [4]).

Das Umgekehrte muß offenbar auf dem nördlichen Rande der Sahara Statt finden. Wenn im Sommer diese Wüste von den Strahlen der Sonne stärker erwärmt wird, als das mittelländische Meer, so muß in den obern Schichten ein Südwind entstehen, während sich unten ein lebhafter Nordwind erhebt. Die Luftströme kommen im nördlichen Aegypten im Junius aus N und NW, von da bis zur Mitte des Septembers aus N, dann werden sie veränderlich und kommen im März und April aus SO, S und SW [5]), so daß man sagen kann, die Winde kommen in Aegypten neun Monate regelmäßig aus N [6]). Die einzeln mitgetheilten Beobachtungen, welche Coutelle [7]) und Niebuhr [8]) über die Windrichtung in Cairo angestellt haben, lassen uns diese Verhältnisse besser übersehen. Ich gebe das Mittel von den Messungen beider, indem ich die Zahl aller Winde als Einheit ansehe und daraus mittlere Richtung und Stärke nach dem Obigen herleite.

---

1) Lucas in den Proceedings I, 190.

2) Denham narrative p. 207. 314.

3) Browne travels p. 149.

4) Rüppell Reisen S. 73. 163.

5) Volney Voyage I, 53. Dénon Voyage p. 197. Abd-Allatif relation de l'Egypte ed. Sacy p. 6.

6) Volney Voyage I. p. 60, 300. Belzoni Narrative p. 142.

7) Coutelle in der Description de l'Egypte XIX, 451.

8) Niebuhr Reisebeschreibung I, 476.

Monat	N.	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Jan.	0,171	0,144	0,027	0,092	0,368	0,066	0,105	0,027
März	0,133	0,213	0,075	0,033	0,055	0,156	0,114	0,221
April	0,160	0,104	0,046	0,041	0,038	0,093	0,229	0,289
Mai	0,323	0,228	0,045	0,091	0,066	0,061	0,062	0,124
Jun.	0,474	0,285	0,065	0,000	0,032	0,016	0,024	0,104
Jul.	0,779	0,128	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,085
Aug.	0,839	0,152	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009
Sept.	0,600	0,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,067
Oct.	0,476	0,323	0,000	0,064	0,065	0,000	0,032	0,040
Nov.	0,411	0,156	0,167	0,078	0,122	0,033	0,000	0,033
Dec.	0,095	0,162	0,122	0,027	0,338	0,095	0,081	0,081

Hieraus ergiebt sich

Monat	Richtung	Stärke	Südlich zu Nördlich	Oestlich zu Westlich
Januar	S 8° W	0,189	1: 0,65	1:0,75
März	N 27° W	0,284	1: 2,32	1:1,53
April	N 49° W	0,465	1: 3,21	1:3,20
Mai	N 15° W	0,426	1: 3,55	1:0,68
Junius	N 13° O	0,723	1: 18,19	1:0,41
Julius	N 2° O	0,925	1: 124,00	1:0,67
August	N 6° O	0,959	1: ∞	1:0,06
September	N 12° O	0,902	1: ∞	1:0,20
October	N 19° O	0,659	1: 6,50	1:0,18
November	N 40° O	0,447	1: 2,57	1:0,16
December	S 17° O	0,168	1: 0,74	1:0,82

Auf eine völlig entschiedene Art tritt hier das eben Gesagte hervor; im Winter findet ein schwacher Luftstrom von dem Festlande nach dem wärmeren Meere im Norden Statt, aber bereits im März (Februar fehlt bei beiden Beobachtern) ist der Wind nach Norden gegangen, die Zahl der nördlichen Winde nimmt immer mehr und mehr zu, bis sie einige Zeit nach der größten Jahreswärme ihr Maximum erreicht, wobei fast alle Winde aus N kommen. Völlig ähnliche Resultate geben die Messungen, welche Falbe zu Tunis vom Julius 1824 bis October 1827 ange-

stellt hat, obgleich hier die Gesetze wahrscheinlich wegen des Einflusses der Land- und Seewinde weniger deutlich in die Augen fallen. Darnach sind die Richtungen des Windes folgende: [9])

Monat	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Jan.	0,180	0,022	0,067	0,079	0,068	0,112	0,202	0,270
Febr.	0,173	0,037	0,086	0,123	0,099	0,062	0,210	0,210
März	0,167	0,083	0,083	0,083	0,095	0,048	0,179	0,262
April	0,155	0,083	0,214	0,131	0,083	0,024	0,119	0,190
Mai	0,120	0,099	0,165	0,187	0,077	0,053	0,077	0,242
Jun.	0,103	0,196	0,264	0,092	0,035	0,012	0,080	0,218
Jul.	0,202	0,211	0,220	0,129	0,046	0,000	0,046	0,146
Aug.	0,244	0,110	0,181	0,165	0,126	0,008	0,024	0,142
Sept.	0,124	0,248	0,133	0,133	0,035	0,035	0,115	0,177
Oct.	0,167	0,079	0,105	0,114	0,097	0,087	0,140	0,211
Nov.	0,133	0,060	0,012	0,048	0,120	0,096	0,205	0,325
Dec.	0,071	0,094	0,035	0,047	0,129	0,118	0,282	0,224

Hieraus ergiebt sich

Monat	Richtung	Stärke	Südlich zu Nördlich	Oestlich zu Westlich
Januar	N 61° W	0,381	1:1,82	1:3,48
Februar	N 60° W	0,235	1:1,48	1:1,96
März	N 42° W	0,298	1:2,25	1:1,89
April	N 57° O	0,114	1:1,80	1:0,78
Mai	N 37° O	0,159	1:1,55	1:0,78
Junius	N 38° O	0,365	1:4,07	1:0,56
Julius	N 44° O	0,449	1:3,20	1:0,34
August	N 55° O	0,301	1:1,66	1:0,36
September	N 27° O	0,304	1:2,71	1:0,63
October	N 39° W	0,172	1:1,53	1:1,48
November	N 66° W	0,453	1:1,96	1:5,22
December	N 83° W	0,420	1:1,32	1:3,56

9) Poggendorff's Annalen XIV, 627.

Noch weit auf dem mittelländischen Meere zeigen sich diese Nordwinde [10]), so daß Dénon meinte, man könne die N und NO Winde im Junius, Julius und August die Passate (vents alizés) jenes Meerbeckens nennen, welche die Reise nach Africa eben so sehr erleichtern, als die Rückkehr nach Europa erschweren [11]). Und daher sind auch wahrscheinlich den fast nur auf diesem Meere fahrenden Alten die Südwinde so verhaßt, wie uns denn Horaz einen sich über das Ungemach des Lebens beschwerenden Kaufmann als einen vorführt, der über die Navem jactantes Austri klagt [12]); wenn diese ungewöhnlichen Winde eintraten, so geschah es wahrscheinlich mit großer Heftigkeit, gerade so wie die Passate und regelmäßigen Moussons seltener durch schwache Winde als vielmehr durch Stürme unterbrochen werden. Auf Creta sind die Nordwinde die herrschenden, nur im November, December und Januar haben Südwinde die Oberhand [13]). Es scheint, als ob sich diese Nordwinde noch bis zu den Inseln des Archipelagus erstrecken, wenigstens bemerkt Olivier, daß dieses in den drei Sommermonaten die herrschende Richtung sey [14]). Auch in Italien sind, wie wir in der Folge sehen werden, die Nordwinde sehr häufig, hier scheinen jedoch die von den Alpen herabkommenden Luftströme eine Hauptursache dieser Richtung zu seyn. — Auf eine völlig ähnliche Art müßten an dem Ostrande des Mittelmeeres Westwinde vorherrschen, auch trifft man diese allerdings im Sommer häufig an, es sind dieselben jedoch wegen der benachbarten Gebirge weniger regelmäßig, als die Nordwinde in Aegypten.

Aus dem Gesagten folgt von selbst, daß in den oberen Regionen der Atmosphäre über dem mittelländischen Meere und den

---

10) Volney Voyage I, 305.

11) Dénon Voyage p. 12.

12) Horat. Sat. I, 1, 6. Die Philologen in Deutschland, dem nördlichen Frankreich und England scheinen mir zu irren, wenn sie bei allen Klagen der Alten über die Austri an die Erscheinungen des SW Windes in ihrem Vaterlande denken. Italien und Griechenland haben ein ganz anderes Klima, und darnach sind sehr viele Stellen in den Commentaren der Philologen zu berichtigen.

13) Sieber Creta II, 31.

14) Olivier Turquie II, 294.

nördlich von ihm liegenden Ländern ein warmer aus Süden kommender Luftstrom vorhanden seyn müsse. Wir werden in der Folge den Einfluß kennen lernen, welchen dieser Wind auf die Vertheilung des Regens im südlichen Europa hat; zuweilen erstreckt er sich sehr weit nach Norden, wo er sich dann gegen den Boden zu senken scheint. Der Fönwind, welcher sehr häufig in der Schweiz weht, ist wahrscheinlich weiter nichts als dieser herabsinkende Luftstrom; das Thermometer steigt während desselben sehr hoch. An den Züricher-See, ob dem Weilerhorn bringt dieser Wind oft bei angehendem Herbste die noch unreifen Trauben zur Zeitigung, und dann löst er den Schnee in solcher Menge auf, daß dadurch alle Bergwasser anlaufen [15]). Und selbst noch auf dem Schwarzwalde zeigen sich nach den mir mitgetheilten Bemerkungen des Dr. Eisenlohr in Carlsruhe ähnliche warme Winde.

Es scheint mir im hohen Grade wahrscheinlich, daß sich auf den Ebenen von Mesopotamien und Persien ähnliche Verhältnisse zeigen, jedoch ist alles, was ich hierüber bei Reisenden gefunden habe, zu fragmentarisch, als daß sich daraus etwas Bestimmtes herleiten läßt. Es genüge daher die Bemerkung, daß in Aleppo im Sommer Westwinde, im Winter NO und Ostwinde vorherrschend sind [16]), und daß Beauchamp zu Bagdad im Winter vorzüglich W und NW Winde; im Sommer SW und W Winde aufzeichnete [17]).

Bei der bisherigen Betrachtung der Passatwinde und Moussons wurde mehrfach darauf aufmerksam gemacht, daß sich diese Winde erst in einiger Entfernung von den Küsten treffen, von denen sich der Luftstrom entfernt, so bei Peru und Mexico [18]), eben so während des NO-Moussons an der Küste Malabar [19]). Ganz etwas Aehnliches gilt von der Westküste Africa's. Eine Linie vom Vorgebirge der guten Hoffnung nach dem Palmen-Cap an der Küste Guinea's gezogen, bezeichnet im Allgemeinen die öst-

15) Scheuchzer Naturgeschichte des Schweizerlandes, 2te Aufl. III, 3.
16) Cotte Mémoires II, 196.
17) Ibid. p. 212.
18) S. oben S. 179.
19) S. oben S. 198.

liche Gränze des SO-Passates; in dem Zwischenraume wehen vorzugsweise S und SW Winde. Nach Dampier [20]) kann man im Allgemeinen annehmen, daß der Wind mit der Küste einen Winkel von 22° macht, so daß wir an einer im Meridiane liegenden Küste einen Wind aus SSW haben [21]). Dabei herrschen dann an dieser ganzen Küste neben westlichen Winden sehr häufig Windstillen und diese waren auch bekanntlich Ursache von der Entdeckung Brasiliens. Cabral wollte nach dem Cap, und um den Windstillen zu entgehen, entfernte er sich von Africa, der Passat trieb ihn sodann nach Südamerica [22]). Die Ursache dieser Windstillen und Westwinde scheint bei Africa eben so wie bei America [23]) in dem oberen Luftstrome aus SW, in der nördlichen oder aus NW in der südlichen Halbkugel zu liegen; indem dieser die hohen Gebirge beider Continente trifft, wird er zum Theil aufgehalten und das Ankommen der Luft aus Osten verhindert; es wird hier ein Zusammentreffen entgegengesetzter Ströme Statt finden, bald der eine, bald der andere das Uebergewicht erhalten, und so finden wir neben häufigen Windstillen Orcane [24]). Daß aber hier der eigentliche Polarwind noch keinesweges aufgehoben ist, geht daraus hervor, daß wir am südlichen Africa SW, am nördlichen NW, bei Peru SW und bei Mexico NW Winde antreffen.

Wenn der SW oder NW der höheren Regionen sich von dem Aequator entfernt, so wird derselbe mit der Zeit sehr stark erkalten, und indem wahrscheinlich an der Gränze beider Luftströme ein beständiger Streit derselben vorhanden ist, wird er durch seine Masse nach und nach ein immer größeres Uebergewicht erhalten, er wird endlich den Boden erreichen. Da wo dieses geschieht, treffen wir Stürme, wie dieses von vielen Reisenden an den Polargränzen der Passate bemerkt worden ist; erst später werden diese SW oder

NW

20) Dampier Traité des vents. p. 16.

21) Romme Tableaux I, 23.

22) Barnardine Account of the Empire of China in Oxford Voyages and Travels II, 35.

23) Romme Tableaux I, 88 (wo est offenbar ein Druckfehler für ouest ist, wie aus dem Zusammenhange hervorgeht) und 92.

24) S. den Abschnitt von der Luftelectricität.

NW regelmäßiger wehen. Diese Winde sind auf den großen Meeren zwischen den Parallelkreisen von 30° und 40° so regelmäßig, daß die Schiffer nicht selten von einem SW-Passat in der nördlichen oder einem NW-Passat in der südlichen Halbkugel sprechen [25]). Jedoch sind diese Winde in der südlichen Halkugel wegen der geringeren Ländermasse weit regelmäßiger als in der nördlichen [26]). Die Schiffer rechnen seit Vasco de Gama's Zeiten auf diese Winde in den gedachten Breiten so sicher, daß der Weg nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung stets dergestalt genommen wird, daß die Schiffe mit Hülfe der Passate fast gerade nach Süden und dann mit den NW Winden nach dem Cap gehen [27]). Auch die Rückkehr vom Cap wird dergestalt ausgeführt, daß die Schiffe sich mit dem Passat der Küste von America nähern, sodann nach Norden und hierauf mit dem SW nach Europa fahren. Und es ist allerdings merkwürdig, daß Columbus auf seiner ersten Reise von den Antillen nach Europa sogleich den zweckmäßigsten Weg nahm, indem er nach Norden ging und später den SW Wind antraf.

Diese Westwinde sind jedoch schon in mittleren Breiten weit weniger regelmäßig, als die eigentlichen Passate, und je weiter wir auf dem Meere nach Norden gehen, desto veränderlicher werden die Luftströmungen. Es scheint, als ob in höheren Breiten wieder östliche Winde häufiger werden, wenigstens sagt J. R. Forster, daß Cook in der Nähe des Südpoles eben so vorherrschende östliche Winde angetroffen habe, als dieses in der Nähe des Nordpoles der Fall sey [28]). Sollte sich dieses wirklich so ver-

---

25) J. R. Forster Bemerkungen auf einer Reise um die Welt, Romme in den Abschnitten über die Winde in höheren Breiten, Lambert in den Annales de Chimie et de Phys. XLII, 395 u. a.

26) Daniell Essays. 104.

27) Barnardine l. l. in Oxford Voyages II, 32.

28) J. R. Forster Bemerkungen S. 110. Er citirt Recueil des Voyages qui ont servi à l'établissement de la Compagnie des I. O. Vol. I. (in der dritten Reise des Barentz), Dalrymple Collection: Capt. Halley's Journal p. 32. Barrington probability of reaching the North pole p. 104. Valtravor's Summary Observations and Facts p. 20.

halten, so würden wir die Ostwinde genau auf dieselbe Art erklären müssen, als den allgemeinen Passat. Gewiß ist es übrigens, daß außerhalb des Gebietes der Passate, wo SW oder NW Winde vorherrschend sind, in den oberen Regionen der Atmosphäre ein entgegengesetzter Polarstrom vorhanden seyn müsse, dessen Richtung sich vielleicht durch anhaltende Beobachtung der höheren Wolken ausmitteln ließe; wäre ein solcher nicht vorhanden, so würde sich ja die Luft mit der Zeit von dem Aequator entfernen und in der Nähe der Pole anhäufen.

So haben wir denn aus dem einfachen Principe Halley's, welches allen unsern Betrachtungen zum Grunde gelegt wurde, die Windverhältnisse auf den größeren Meeren hergeleitet; es bleibt jetzt noch übrig, diese Untersuchungen auf dem Festlande weiter zu verfolgen und sodann die Hypothesen anderer Physiker über die Entstehung der Winde mitzutheilen. Ehe ich dieses thue, will ich noch einige andere Phänomene betrachten, welche ebenfalls aus demselben Grundsatze folgen und von denen Brandes mehrere auf eine eben so einfache als richtige Art erklärt hat.

Es ist eine bekannte Thatsache [29]), daß wir an ziemlich heitern Tagen, wo nur einzelne Wolken zuweilen die Sonne verdecken, sogleich einen kalten Wind fühlen, wenn die Sonne durch eine Wolke verdeckt wird. Die Richtung desselben ist mit der Richtung des überhaupt zu dieser Zeit herrschenden Windes, welcher gemäß auch die Wolken fortziehen, einerlei, und es hat daher gar nicht das Ansehen, als ob dieser Wind von der Wolke ausginge. Schon de la Hire [30]) suchte dieses Phänomen aus der Ungleichheit der Temperatur herzuleiten, irrte aber darin, daß er die warme Luft als nahe an der Erde in den erkalteten Raum einstürzend annimmt. Es ist hier der Vorgang genau derselbe als bei den Land- und Seewinden. Wenn die Luft nahe über der Erde ziemlich erhitzt ist, und man stellte nun einen Körper vor die Sonne, der einen beträchtlichen Raum beschattet, so würde es hier sogleich kälter. Offenbar würde oben ein Zuströmen der warmen, unten ein Abfließen der kalten Luft Statt

29) Brandes Beiträge S. 366.

30) Du Hamel Academiae regiae scient. historia p. 259 bei Brandes l. l.

finden. So würde es sich verhalten, wenn die Wolke plötzlich vor die Sonne gerückt würde. Denken wir uns nun aber die Wolke fortrückend, z. B. durch den Wind von Westen fortgetrieben, so ist, indem die östliche Gränze des Schattens mich erreicht, die lange beschattete Luft westlich von mir allerdings auffallend kältet, und der Luftstrom wird an dieser Seite des Schattens ganz so Statt finden, wie vorher, d. h. ich werde einen verstärkten Westwind empfinden; an der westlichen Gränze des Schattens dagegen kann kein von dem Schatten abwärts gehender Wind bemerkt werden, da die eben erst aus dem Schatten austretende Erdfläche sich noch nicht wieder erwärmt hat und also hier höchstens eine geringe, vielleicht kaum eine merkbare Schwächung des Westwindes, wegen des bei so geringem Temperaturunterschiede kaum bemerkbaren Gegendruckes der kälteren Luft, Statt finden kann. So fühlen wir also eine Verstärkung des Windes, welcher die Wolke forttreibt, vorzüglich in dem Augenblicke, wo ihr Schatten uns zu bedecken anfängt. Befände der Beobachter sich da, wo die südliche Gränze jenes Schattens hinfällt, so müßte der Westwind bei ihm ein wenig nordwestlich werden, so wie der Beobachter, welcher den Schatten an seiner Südseite vorbeigehen sieht, einen etwas nach Süden abweichenden Westwind empfinden muß.

Ist dieses schon bei kleinen Wolken und heiterem Himmel der Fall, so wird sich das Phänomen noch weit auffallender zeigen, wenn es aus der Wolke wie bei Regenschauern regnet, indem hier die Luft durch den aus der Höhe kommenden Regen und andere Umstände (s. Gewitter) bedeutend erkaltet wird. Manchmal sieht man, wie sich eine Regensäule über eine Ebene oder in einem Thale langsam hinzieht, der Wind geht vor ihr her, er hört bei ihrer Ankunft auf, erhebt sich von neuem, wenn sie vorbei ist und bläst jederzeit aus dem Mittelpunkte des Raumes, den die Säule einnimmt [31]). Dieses Phänomen, welches man besonders bei Gewittern bemerkt und H. B. v. Saussure aus den Eigenschaften der Dünste herleitet, folgt ebenfalls aus demselben Grundsatze. Brandes, welcher diese Ableitung bereits gegeben hat, fragt dabei, ob der Wind wohl stets aus der Mitte

---

31) Saussure Hygrometrie S. 324. §. 283.

der Gewitter- und Hagelwolken komme [32]). So weit ich Gelegenheit gehabt habe, Gewitter im Freien zu beobachten, kann ich diese Frage bejahend beantworten; nie aber zeigte sich mir das Phänomen so auffallend, als bei einem Gewitter im December 1822, welches mich etwa eine Stunde von Leipzig auf dem Wege nach Halle traf. Der Wind war am Morgen lebhaft westlich, gegen 9 Uhr zeigten sich westlich von meinem Zenith Gewitterwolken; so wie diese näher kamen erhob sich der Wind zu einem so starken Sturme, daß ich auf dem von früherem Regen schlüpfrig gewordenen Boden kaum zu stehen vermochte. Einige Minuten nachdem die Wolken mein Zenith erreicht hatten, trat bei starkem Regen fast Windstille ein, welche in einem lebhaften mehrere Minuten dauernden Ostwind überging, als die Wolken fortgezogen, und nun trat nach kurzer Windstille der Westwind ein, welcher eben so wie am vorhergehenden und folgenden Tage sehr lebhaft wehte.

Aus diesem Principe leitet Brandes [33]) auch folgende Erscheinung her. Scoresby erzählt [34]), daß, wenn ein Wind gegen große Flächen festen Eises oder gegen eine dichte Masse von Eisstücken (Packeis) zuweht, ein anderer vom Eise herkommender Wind ihm gleichsam das Gleichgewichte halte und selbst dem Sturme, gleichsam ihm widerstreitend, sich entgegensetze und seine Heftigkeit mäßige. Es ist offenbar, daß es hier wieder die kältere Luft ist, die von jenen Eismassen her an der Erde abwärts fließt, und es ist zu vermuthen, daß höher hinauf die wärmere Luft, die schon bei stillem Wetter gegen das Eis zuströmen muß, bei Stürmen mit vermehrter Gewalt zudringen mag und jenen Kreislauf fortwährend erhält, weil sie als erkaltete Luft wieder in die tieferen Schichten zurückströmt. Hieraus läßt sich die stundenlange Dauer jenes Kampfes beider Winde, den man bis auf eine halbe oder ganze (englische) Viertelmeile weit bemerkt, wo bald der eine, bald der andere das Uebergewicht erhält, wohl erklären. Eben diese Ueberlegungen machen es nun auch klar, warum ein gegen das Eis zu gerichteter Sturm so sehr an Kraft verliert,

32) Brandes Beiträge S. 370.

33) Ebendas. S. 368.

34) Memoirs of the Wernerian Society Part. II. Vol. III. S. 318.

daß er an der andern Seite des Eises gar nicht, oder erst nach Verlauf einiger Stunden gespürt wird.

Ganz ein ähnliches Verhalten zeigt sich in der Nähe von Bergen, indem hier nothwendig ein Theil des Bodens weniger erwärmt werden muß, als ein anderer, und daher finden wir denn, daß auch die Alten öfter die Gebirge für den Sitz der Winde hielten, wie dieses Silius Italicus namentlich von den Alpen behauptet. Es mag allerdings häufig geschehen, daß größere Luftmassen, welche durch die Zwischenräume zwischen mehreren Bergen hindurch dringen, dort bedeutend an Schnelligkeit zunehmen, wie dieses bei Flüssen der Fall ist, und daß wir uns hieraus zum Theil die Heftigkeit der Stürme auf hohen Gebirgen erklären müssen; auch mag hier in die Höhe die Luftmasse von unten zum Theil durch Repercussion gekommen seyn, da mehr oder weniger horizontale Stürme, welche an den Bergwänden einen Widerstand finden, sich nach den Gesetzen des Stoßes mehr nach oben als in die Tiefe bewegen werden. Ganz vorzüglich aber werden hier Temperaturdifferenzen die Hauptrolle spielen. Bei gleicher Höhe wird die Luft in der Nähe von Gletschern namentlich im Sommer weit kälter seyn, als in freier Atmosphäre, und herabstürzende Ströme werden dadurch entstehen. Im Allgemeinen können wir annehmen, daß bei heiterem Wetter der Wind von einem Gletscher nach allen Richtungen mit mehr oder weniger Heftigkeit abfließen werde.

Reisende haben uns eine Masse von Thatsachen erzählt, welche diesen Einfluß der Berge auf die Windrichtung zeigen. Selbst zwischen den Wendekreisen vermag man diese Wirkung zu erkennen [35]), und die Alpen sind von jeher durch Stürme berüchtigt gewesen [36]). Auf großen Binnenseen oder Flüssen zeigt sich nicht selten ein lebhafter Wind, welcher aus einem von hohen Bergen eingeschlossenen Seitenthale hervorkommt. Ganz besonders aber zeichnen sich in dieser Hinsicht Gebirge aus, welche in

35) Humboldt Voyage VII, 211.

36) Scheuchzer Naturgeschichte des Schweizerlandes III, 3. Man darf nur irgend eine Reise durch ein größeres Gebirge lesen, so wird man eine Menge von Beispielen dieser Art finden, so daß ich es für unnöthig halte, hier mehrere anzuführen.

der Nähe des Meeres liegen. So ist die Küste Norwegens durch ihre Stürme bekannt; sie sind in Finmarken oft so heftig, daß man sich außer den Häusern nicht aufrecht erhält, und das dauert oft Tage lang [37]). An der gebirgigen Ostküste Grönlands fand Scoresby sehr heftige Stürme, von denen er vermuthet, daß sie an der Küste am heftigsten seyen [38]), und eben so treffen wir an den Faröer-Inseln, deren Klippen bis zu mehreren Tausend Fuß in die Höhe steigen, sehr stürmische Winde [39]). Wer erinnert sich hier nicht der Stürme, mit denen Cook an der Küste von Neu-Seeland zu kämpfen hatte und in denen dieser umsichtige Reisende fast seinen Untergang fand? Daher ist auch die Schifffahrt auf Seen oder Meerengen, die von hohen Bergen eingeschlossen sind, so gefährlich. Fast alle Reisende dubliren jetzt das Cap Horn, seitdem Cook gezeigt hat, daß dieser Weg weit besser und sicherer sey, als der ältere durch die stürmische Magellansstraße.

Es ist häufig gefragt worden, wo der Wind sich zuerst zeige, ob in denjenigen Gegenden, aus denen er kommt, oder in denen, nach welchen er geht? d. h. zeigt sich z. B. ein Ostwind zuerst in den östlichen oder westlichen Gegenden? Ich glaube, daß sich über diesen Gegenstand gar nichts Allgemeines bestimmen läßt. Mir wenigstens scheint es nicht unwahrscheinlich, daß der Wind in einem Orte beginne, welchen wir der Einfachheit wegen in der Mitte der Region, in der er sich zeigt, annehmen wollen, und daß er sich von hier aus rückwärts und vorwärts verbreite. Bleiben wir bei dem ersten von uns betrachteten Falle, den Land- und Seewinden stehen, so zeigt sich hier die Wahrheit des Gesagten auf eine entschiedene Weise. Der Seewind zeigt sich zuerst nur an der Küste; nach mehreren Stunden ist er vorwärts ins Land und rückwärts ins Meer gedrungen, und eben so kann es geschehen, daß ein Ostwind sich zuerst in Deutschland und später in Holland und Rußland zeige.

---

37) Buch Reise nach Norwegen und Lappland II, 40 und 91.

38) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 332.

39) Ebendas. S. 354.

Gewöhnlich wird mit Franklin [40]) angenommen, daß die Winde sich früher in denjenigen Gegenden zeigen, nach denen sie hingehen, als aus denen sie kommen, und F. führt eine Erfahrung an, welche dieses beweist. Ein heftiger NO Wind zeigte sich gegen 7 Uhr Abends in Philadelphia und verhinderte die Beobachtung einer Mondsfinsterniß; aber dieser Sturm, welcher auch in dem nordöstlich davon liegenden Boston gewüthet hatte, begann hier erst um 11 Uhr. Bei andern Stürmen aus NO, bei denen F. in der Folge hierauf achtete, zeigte sich, daß ihr Anfang desto später wäre, je weiter die Orte in NO lägen. Um seinen Satz zu beweisen, führt F. noch folgende Thatsache an. Ist die Luft eines Zimmers ruhig und man macht dann Feuer im Kamine, so steigt die stark erhitzte Luft in die Höhe und muß durch andere ersetzt werden; offenbar folgt hier zunächst die am Kamine liegende, und erst nach und nach verbreitet sich diese Bewegung weiter. Da diese Winde sich vorzüglich im Winter zeigen, so leitet F. dieselben daraus ab, daß die Luft über dem mexicanischen Meerbusen stark erhitzt wird, und daß dadurch ein nordöstlicher Strom erzeugt werden muß, welcher erst allmählig nach NO rückt. Aber von Philadelphia bis zu diesem Meere liegt eine große Ländermasse, auf welcher wahrscheinlich in jenen Zeiten keine Beobachtungen gemacht wurden. Daß sich aber diese Winde auch erst nach und nach gegen Süden ausbreiten, scheint mir besonders aus dem Umstande hervorzugehen, daß sich diese Stürme noch häufig auf dem mexicanischen Meerbusen zeigen, wohin wahrscheinlich die Luft erst allmählig aus Norden gedrungen war [41]).

Wenn wir die Winde auf dem Festlande in höheren Breiten untersuchen, so finden wir, daß dieselben mehr oder weniger veränderlich sind; aber auch hier zeigt sich bei näherer Ansicht der Beobachtungen, daß die Zahl der Windrichtungen aus verschiedenen Gegenden keinesweges gleich ist, was der Fall seyn müßte, wenn hier keine vorherrschenden Luftströmungen vorhanden wären. So

40) Franklin's sämmtliche Werke von Wenzel. 8. Dresden 1780. II, 104.

41) In dem Abschnitte über die Barometerschwankungen werde ich noch Mehreres hierüber sagen.

zeigen 50jährige Beobachtungen in Copenhagen, in denen der Wind 56050 Mal aufgezeichnet wurde, folgende Richtungen:

N	0,088
NO	0,087
O	0,118
SO	0,106
S	0,125
SW	0,167
W	0,186
NW	0,123

Hier also herrscht der Westwind am häufigsten, indem er unter 1000 Malen 186 Mal weht, der NO dagegen ist weit seltener. Leiten wir hieraus die mittlere Luftströmung her, so ist diese S 63° W und ihre Stärke ist 0,158; es beträgt also die Verrückung der untern Luftmasse durch 1000 Winde in dem angegebenen Verhältnisse eben so viel, als ob 158 Winde aus der Richtung S 63° W geweht hätten.

Wollen wir aber aus den Beobachtungen eines Ortes in höheren Breiten die mittlere Windrichtung für denselben herleiten, so ist die Frage, ob die Tageszeit hierauf einen Einfluß habe, wie dieses in niederen Breiten an Küsten der Fall seyn würde. Schouw glaubt, daß dieses nicht der Fall sey, indem in unseren Klimaten keine Veranlassung zu seyn scheine, weshalb zu gewissen Tageszeiten ein Wind häufiger wehen solle, als ein anderer [42]). Um diesen Satz zu beweisen, stellt er die Beobachtungen, welche vier Jahre hindurch im Julius zu Copenhagen angestellt wurden, nach den Tageszeiten zusammen. Wird hieraus Richtung und Stärke hergeleitet, so ergiebt sich

Vormittag:	Richtung	S 49° 35′ W,	Stärke 0,315
Nachmittag:	. . .	S 54. 36. W,	. . . 0,360
Vormitternacht:	. . .	S 63. 57. W,	. . . 0,367
Nachmitternacht:	. . .	S 58. 1. W,	. . . 0,364

Obgleich die mittleren Richtungen im Ganzen ziemlich gut übereinstimmen, so sehen wir doch vom Morgen an eine Bewegung

---

42) Schouw Beiträge zur vergleichenden Klimatologie Heft I. S. 7.

von S nach W und in der Nacht wieder zurück. Diese Unterschiede, welche in dem angegebenen Falle nur die Größe von 14° erreichen, werden noch weit bedeutender, wenn die mittlere Stärke der Winde geringer wird; dann kann es wohl geschehen, daß die Strömungen zu verschiedenen Tageszeiten fast diametral entgegengesetzt sind. So zeigen 10jährige Beobachtungen von Ricander zu Stockholm folgende Verhältnisse: [43])

7^h Morgens:	Richtung	S 89° 48′ W,	Stärke 0,165
2^h Abends:	....	N 85. 4. W,	 0,153
9^h Abends:	....	S 50. 54. W,	 0,100

Eben so geben 12jährige Beobachtungen von Hemmer in Mannheim [44])

7^h Morgens:	Richtung	N 24° 5′ O,	Stärke 0,027
2^h Abends:	....	S 74. 32. W,	 0,134
9^h Abends:	....	S 36. 4 W,	 0,010

Ob wir hier annehmen müssen, daß in Stockholm am Morgen kalte Luft gegen den bottnischen Meerbusen dringe, während zur Zeit der größten Tageswärme ein Seewind sich erhebt, oder daß in dem am östlichen Ufer des Rheins liegenden Mannheim sich am Morgen kalte Ostwinde gegen den Rhein bewegen, wage ich nicht zu entscheiden; das aber geht hieraus wenigstens hervor, daß die Tageszeiten hier eine eben so wichtige Rolle spielen, als bei den meisten übrigen Erscheinungen in der Atmosphäre. Bis jetzt fehlt es noch an hinreichenden Beobachtungen, um diesen Einfluß der Tageszeiten zu bestimmen; wenn jedoch der Wind mehrmals am Tage aufgezeichnet ist, so entfernt sich das Endresultat wahrscheinlich nicht bedeutend von der Wahrheit. Es folgt ferner aus dem Gesagten, daß wir auf kleine Unterschiede in der Richtung der Luftströmungen kein großes Gewicht legen dürfen.

Wie lange müssen Beobachtungen fortgesetzt werden, wenn sie ein der Wahrheit nahe kommendes Resultat geben sollen? Während bei Aufsuchung der mittleren Wärme Aufzeichnungen

---

43) Aus den Originalbeobachtungen in den Mannheimer Ephemeriden; von mir hergeleitet.

44) Mannheimer Ephemeriden; von mir hergeleitet.

während weniger Jahre zur Bestimmung dieser Größe genügen, so scheint für gegenwärtige Untersuchung schon ein längerer Zeitraum erforderlich. Schouw giebt nach 45jährigen Beobachtungen die Zahl, wie oft jeder Wind während des Jahres in Copenhagen geweht hat [45]); wird für jedes fünfte Jahr seiner Tafel die mittlere Richtung und Stärke gesucht, so ergeben sich folgende Größen

1751:	Richtung	S 57° 7′ W,	Stärke 0,181
1755:	....	N 80. 48 W,	 0,180
1760:	....	N 87. 38 W,	 0,212
1765:	....	N 59. 13 W,	 0,290
1770:	....	N 86. 41 W,	 0,122
1775:	....	S 50. 30 W,	 0,313
1785:	....	N 75. 41 W,	 0,183
1800:	....	S 17. 59 W,	 0,235
1815:	....	S 38. 7 W,	 0,114
1823:	....	S 43. 43 W,	 0,261

In der mittleren Richtung der Luftströmung der beiden Jahre 1765 und 1800, welche sich am meisten von einander entfernen, zeigt sich also ein Unterschied von mehr als 100 Grad. Treffen wir daher in den partiellen Resultaten so bedeutende Abweichungen, so ist gewiß, daß die mittlere Luftströmung erst durch eine vieljährige Reihe von Beobachtungen bestimmt werden kann. Ich habe in Schouw's Tafel je neun auf einander folgende Jahre genommen und dadurch fünf Perioden erhalten, welche folgende Resultate geben:

erste Periode:	Richtung	S 83° 5′ W,	Stärke 0,200
zweite Periode:	....	S 70. 1 W,	 0,171
dritte Periode:	....	S 53. 2 W,	 0,113
vierte Periode:	....	S 73.40 W,	 0,157
fünfte Periode:	....	S 45.59 W,	 0,172

Also auch noch hier finden wir zwischen der ersten und fünften Periode einen Unterschied von nahe 40 Graden. Ich glaube demnach, daß wir bei den meisten Bestimmungen dieser Art Grö-

45) Schouw Klimatologie I, 66.

ken von 10 bis 20 Graden gänzlich übersehen müssen, wofern ihnen nicht vieljährige, täglich mehrmals angestellte Beobachtungen zum Grunde liegen.

Ich beginne die Betrachtung der Winde außerhalb der Wendekreise mit der Insel Madeira in 32° 37′ N. Nach den Beobachtungen von Heinecken fanden dort in den Jahren 1827 und 1828 folgende Verhältnisse Statt: [46])

Zeit	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Winter	0,221	0,332	0,066	0,055	0,022	0,028	0,221	0,055
Frühl.	0,125	0,353	0,141	0,033	0,005	0,027	0,207	0,109
Som.	0,036	0,690	0,065	0,011	0	0	0,141	0,057
Herbst	0,071	0,401	0,110	0,044	0	0,028	0,253	0,093
Jahr	0,115	0,444	0,095	0,036	0,007	0,021	0,206	0,078

Und hieraus ergiebt sich

Zeit	Richtung	Stärke	Nördlich zu Südlich	Oestlich zu Westlich
Winter	N 6° O	0,397	1:0,17	1:0,67
Frühling	N 15° O	0,419	1:0,11	1:0,65
Sommer	N 34° O	0,673	1:0,01	1:0,26
Herbst	N 13° O	0,379	1:0,13	1:0,67
Jahr	N 20° O	0,463	1:0,10	1:0,53

Hier an der Gränze des Passates treffen wir also häufig NO Winde, namentlich ist dieses im Sommer der Fall, wo von 1000 Winden fast 700 aus dieser Richtung kommen, während die westlichen und noch mehr die südlichen Winde fast ganz verschwunden sind, indem alsdann das Verhältniß der nördlichen zu den südlichen fast Null wird. Es macht uns übrigens das Verhalten der Luftströmungen auf Madera darauf aufmerksam, wie nothwendig es ist, bei Anwendung der Lambert'schen Formel eben so wie in allen übrigen Fällen, wo Kräfte zusammengesetzt werden, nicht bloß die Richtung, sondern zugleich die Größe der Re-

46) Brewster's Edinburgh Journal of Science Nr. X. p. 73 und New Series No. I. p. 34.

sultirenden zu bestimmen. Nach der bloßen Richtung könnte man glauben, daß in Madera die Nordwinde im Winter weit heftiger seyen, als im Sommer, aber schon die Stärke deutet darauf, daß südliche und westliche Winde im Winter nicht selten vorkommen, und eben dieses sprechen die mitgetheilten Verhältnisse zwischen den nördlichen und südlichen, westlichen und östlichen Strömen noch bestimmter aus.

Aus dem südlichen Europa sind mir keine hinreichend lange fortgesetzten Beobachtungen bekannt, und ich will daher die jährlichen Resultate für die nördlichen Theile des alten Continentes mittheilen. In England haben wir folgende Beobachtungen:

Ort	Breite	N.	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Penzance 47)	50° 8′	0,096	0,102	0,100	0,109	0,110	0,149	0,144	0,190
Gosport 48)	50. 48	0,100	0,090	0,140	0,080	0,110	0,130	0,210	0,110
London 49)	51. 31	0,075	0,147	0,077	0,089	0,081	0,254	0,129	0,148
Cork, Irland 50)	51. 50	0,110	0,070	0,140	0,060	0,100	0,150	0,220	0,150
Manchester 51)	53. 25	0	0,100	0,050	0,120	0,100	0,390	0,120	0,120
New=Malton 52)	54. 10	0,150	0,150	0,060	0,030	0,150	0,220	0,130	0,090
Lancaster 53)	54. 0	0,010	0,100	0,100	0,100	0,150	0,260	0,190	0,060
Kendal 54)	54. 17	0,090	0,220	0,030	0,050	0,060	0,380	0,110	0,060
Keswick 55)	54. 33	0,050	0,060	0,150	0,090	0,150	0,170	0,240	0,090
Clunie Manse 56)	. . .	0,110	0,070	0,140	0,060	0,100	0,150	0,220	0,150

47) 20jährige Beobachtungen (1807—27) von Giddy, mitgetheilt im Philos. Magazine and Annals of philosophy III, 173.

48) 3jähr. Beob. (1818—20) von Burney, mitgetheilt von Schouw (Klimatologie I, 34) aus den Annals of philosophy.

49) 20jähr. Beob. (1807—1818) von Howard aus Climate of London, mitgetheilt von Schouw (l. l.); 3jähr. Beob. (1819—1822) von Daniell, aus dessen Meteorological Essays, und 8jähr. Beob. 1776—1781, 1787—89) R. S. aus den Philosophical Transactions, in allem 23 Jahre.

50) 3jähr. Beob. (1818—20) von Holt, aus den Annals of philos., mitgetheilt von Schouw (l. l.). Der einzige Ort in Irland; Kirwan's Beobachtungen in Dublin konnte ich nicht erhalten.

51) 3jähr. Beob. (1819—21) von Hanson, aus den Annals of philos., mitgetheilt von Schouw (l. l.)

52) 6jähr. Beob. (1819—22, 24—25 von Stockton, aus den Annals of philos., mitgetheilt von Schouw (l. l.)

53) 6jähr. Beob. (1816—21) von Heaton, aus den Annals of philos. bei Schouw (l. l.)

54) 5jähr. Beob. (1788—92) von Dalton, aus dessen Meteorological Essays bei Schouw (l. l.)

55) Beob. in denselben Jahren daselbst.

56) in Perthshire: 4jähr. Beob. (1821—24) bei Macritchie, aus dem Edinburgh Philos. Journal bei Schouw (l. l.)

Aus dieser Tafel ergeben sich folgende Resultate:

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Penzance	N 86° W	0,138	1:1,55	1:0,95
Gosport	W	0,141	1:1,55	1:0,97
London	S 77° W	0,174	1:1,69	1:1,15
Cork	N 85° W	0,201	1:1,92	1:0,94
Manchester	S 42° W	0,411	1:2,33	1:1,65
New-Malton	S 82° W	0,149	1:1,69	1:1,08
Lancaster	S 35° W	0,308	1:1,70	1:2,50
Kendal	S 69° W	0,214	1:1,83	1:1,81
Keswick	S 43° W	0,244	1:1,60	1:2,05
Clunie Manse	S 81° W	0,254	1:2,07	1:1,17

Nehmen wir in dieser Tafel die Resultate für Manchester, Lancaster, Kendal und Keswick aus, so ist die mittlere Richtung sehr nahe allenthalben gleich, indem sich die gefundenen Größen meistens nur wenige Grade von W entfernen, so daß wir annehmen können, daß in England die mittlere Luftströmung nahe aus Westen komme, und ganz eine ähnliche Uebereinstimmung zeigt sich in der Stärke dieser Strömung, so daß wir annehmen können, daß in England unter 1000 Winden etwa 200 aus dieser Richtung kommen. Nur Keswick, Manchester, Lancaster und Kendal haben etwas vorherrschende Südwinde. Die Einbucht der irländischen See, die Gebirge von York und die von den Gebirgen von Wales nach Norden stürzenden Luftmassen scheinen Ursache dieser bedeutenden Ablenkung gegen Süden zu seyn. Daß dieser Uebergang nicht sowohl von der höheren Breite abhängt, geht aus den Messungen zu Clunie Manse hervor, und auch in der Mitte des Meeres scheint die allgemeine westliche Strömung zu herrschen. Nach vierjährigen Beobachtungen (1822—1825) von Stewart auf der Insel Man finden wir, daß die vier Cardinalwinde geweht haben [57])

N	O	S	W
358	306	333	450 Mal

57) Brewster's Edinburgh Journal of Science V, 231.

Und hieraus giebt sich als mittlere Richtung N 80° W und Stärke 0,101. Die Richtung ist also hier nahe eben so als an den übrigen Punkten, die Stärke offenbar etwas geringer, weil nur vier Winde unterschieden werden. Nehmen wir die gedachten Orte aus, so ist das Verhältniß der östlichen Winde zu den westlichen nahe wie 1:1,6; die nördlichen und südlichen Winde sind nahe zu gleicher Zahl vorhanden. Und fast dieselben Größen giebt Daniell nach 10jährigen Beobachtungen für Großbritannien[58]), wobei er sich wahrscheinlich auf Howard's Beobachtungen in London stützt. Damit es jedoch nicht das Ansehen habe, als ob ich irgend einer Hypothese zu Liebe jene genannten Orte ausgeschlossen hätte, so will ich bei Herleitung der allgemeinen Windrichtung auf den brittischen Inseln das Mittel aller in der obigen Tafel gegebenen Größen anwenden; dann weht

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,082	0,111	0,099	0,081	0,111	0,225	0,171	0,120 Mal

Und hieraus folgt

Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
S 65° 31 W;	0,198;	1:1,77	1:1,33

In Frankreich und den Niederlanden ist das Verhältniß der Winde folgendes:

Ort	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
la Rochelle[59])	0,094	0,270	0,057	0,031	0,104	0,274	0,089	0,081
Denainvilliers[60])	0,181	0,193	0,040	0,011	0,231	0,311	0,013	0,030
Paris[61])	0,127	0,106	0,064	0,065	0,173	0,181	0,190	0,094
Montmorenci[62])	0,181	0,137	0,105	0,032	0,118	0,161	0,145	0,121
Toulouse[63])	0,104	0,069	0,027	0,244	0,016	0,036	0,260	0,244
Utrecht[64])	0,115	0,118	0,145	0,071	0,090	0,159	0,211	0,091
Amsterdam[65])	0,080	0,090	0,150	0,080	0,090	0,220	0,180	0,110

58) Daniell Essays p. 115.

59) 8jähr Beob. (1783—90) von Seignette in den Mannheimer Ephemeriden; von mir zusammengestellt.

60) 31jähr. Beob. (1748—59, 61—78) von Duhamel bei Cotte Mémoires II, 326.

61) 21jähr. Beob. (1806—26) von Bouvard in den Mém. de l'Institut VII, 382.

Hieraus ergeben sich folgende Resultate

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
la Rochelle	N 72° W	0,073	1:1,21	1:0,92
Denainvilliers	S 30° W	0,139	1:1,45	1:1,37
Paris	S 68° W	0,214	1:1,98	1:1,28
Montmorenci	N 48° W	0,162	1:1,56	1:0,71
Toulouse	N 62° W	0,237	1:1,59	1:0,71
Utrecht	N 85° W	0,110	1:1,38	1:0,99
Amsterdam	S 61° W	0,164	1:1,60	1:1,40

Wir finden also auch hier eine Luftströmung, welche auf der westlichen Seite des Horizontes liegt, jedoch ist die Stärke derselben an einigen Orten, z. B. in Rochelle, sehr unbedeutend, was an diesem Punkte vielleicht von einem Wechsel von Land- und Seewinden herrühren mag. Nehmen wir das Mittel der obigen Größen, so erhalten wir:

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,126	0,140	0,084	0,076	0,117	0,192	0,155	0,110

und hieraus ergiebt sich für Frankreich und die Niederlande:

Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
S 88° W	0,133	1:1,52	1:1,05

Hier ist die mittlere Richtung sehr nahe dieselbe, als die, welche wir erhalten haben würden, wofern wir auf den brittischen Inseln die Orte an der irländischen See ausgeschlossen hätten; eben dieses gilt von dem Verhältnisse der nördlichen und südlichen

62) 15jähr. Beob. (1768—82) von Cotte in den Mémoires II, 456.

63) 10jähr. Beob. (1747—56) von Marcorelle bei Cotte Traité p. 352.

64) 24jähr. Beob. von Muſſchenbroek in Gehler's Wörterb. N. A. IV, 761. und Wargentin in den Abh. d. schwed. Ac. XXIV, 182.

65) 54jähr. Beob. (1701—49, 66—70) aus Cotte Mémoires II, 200. bei Schouw Klimatologie I, 39.

Winde. Ob wir hiernach annehmen müssen, daß diese Größen sich beim tieferen Eindringen ins Innere des Continentes ändern, mögen folgende Messungen in Deutschland zeigen:

Ort	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Boringen [66])	0,128	0,084	0,117	0,117	0,122	0,130	0,162	0,140
Stuttgart [67])	0,055	0,165	0,271	0,016	0,044	0,276	0,140	0,033
Carlsruhe [68])	0,116	0,250	0,047	0,009	0,034	0,395	0,117	0,032
Mannheim [69])	0,106	0,124	0,120	0,123	0,101	0,160	0,123	0,143
München [70])	0,068	0,045	0,179	0,035	0,103	0,219	0,318	0,033
Ander [71])	0,072	0,070	0,150	0,043	0,077	0,139	0,325	0,124
Tegernsee [72])	0,124	0,056	0,067	0,178	0,142	0,079	0,111	0,243
Peißenberg [73])	0,044	0,120	0,129	0,115	0,111	0,164	0,233	0,084
Regensburg [74])	0,090	0,120	0,130	0,150	0,020	0,080	0,200	0,210
Würzburg [75])	0,096	0,076	0,096	0,085	0,121	0,182	0,214	0,130
Prag [76])	0,066	0,051	0,053	0,078	0,114	0,244	0,206	0,188
Erfurt [77])	0,075	0,071	0,184	0,049	0,074	0,184	0,262	0,101
Göttingen [78])	0,100	0,100	0,090	0,130	0,170	0,160	0,130	0,120
Halle [79])	0,177	0,046	0,082	0,030	0,171	0,121	0,252	0,122
Sagan [80])	0,055	0,122	0,096	0,098	0,164	0,246	0,109	0,110
Berlin [81])	0,051	0,087	0,128	0,109	0,081	0,184	0,214	0,146
Hamburg [82])	0,040	0,100	0,120	0,100	0,050	0,200	0,240	0,150
Curhaven [83])	0,090	0,080	0,130	0,100	0,060	0,200	0,150	0,200
Lüneburg [84])	0,040	0,090	0,070	0,090	0,090	0,170	0,270	0,170
Elberfeld [85])	0,088	0,083	0,027	0,093	0,165	0,305	0,101	0,138

66) Auf der schwäbischen Alp, 2367′ über dem Meere; 14jähr. Beob. des Pfarrers Höslin bei Schübler (Schweigger Jahrb. N. R. XXV, 136.)

67) Bei Buek Hamburgs Klima und Witterung S. 84.

68) 26jähr. Beob. (1801—26) von Bökmann, mitgetheilt von Dr. Eisenlohr MS.

69) 12jähr. Beob. (1781—92) von Hemmer in den Mannheimer Ephemeriden, von mir ber.

70) 12jähr. Beob. (1781—92) von Hübpauer in den Mannheimer Ephemeriden, v. m. b.

71) 12jähr. Beob. (1781—92) von Kettel in den Mannheimer Ephemeriden, v. m. b.

72) 9jähr. Beob. (1781—89) von Gotthard und Donaubauer in den Mannheimer Ephemeriden, v. m. b.

73) 12jähr. Beob. (1781—92) von Fischer, Schlögel und Schwaiger in den Mannh. Ephem., v. m. b.

74) 7jähr. Beob. (1783—86, 88—90) von Heinrich aus den Mannh. Ehem. bei Schouw (Klimatologie I, 42).

75) 8jähr. Beob. (1781—88) von Egel in den Mannh. Ephem., v. m. b.

76)

Werden hieraus Richtung und Verhältnisse der Winde hergeleitet, so ergeben sich folgende Resultate:

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Boringen	S 84° W	0,095	1:1,36	1:1,05
Stuttgart	S 36 O	0,066	1:0,99	1:1,33
Carlsruhe	S 88 W	0,190	1:1,78	1:1,11
Mannheim	N 65 W	0,047	1:1,15	1:1,03
München	S 59 W	0,305	1:2,20	1:2,44
Andex	N 89 W	0,282	1:2,24	1:0,97
Tegernsee	N 84 W	0,107	1:1,44	1:0,94
Peißenberg	S 43 W	0,165	1:1,32	1:1,59
Regensburg	N 31 W	0,164	1:1,22	1:1,07
Würzburg	S 73 W	0,235	1:2,44	1:0,96
Prag	S 74 W	0,383	1:3,51	1:1,43
Erfurt	S 78 W	0,199	1:1,80	1:1,24
Göttingen	S 32 W	0,141	1:1,28	1:1,44
Halle	N 86 W	0,289	1:3,13	1:0,93
Sagan	S 30 W	0,218	1:1,48	1:1,77
Berlin	S 68 W	0,195	1:1,69	1:1,32
Hamburg	S 81 W	0,229	1:1,84	1:1,21
Cuxhaven	N 85 W	0,176	1:1,78	1:0,98
Lüneburg	S 85 W	0,317	1:2,04	1:1,17
Elberfeld	S 52 W	0,290	1:2,68	1:1,82

76) 10jähr. Beob. (1781—87, 89, 91) von Ernadt in den Mannh. Ephem.; v. m. b.
77) 8jähr. Beob. (1781—88) von Planer in den Mannh. Ephem.; v. m. b.
78) Aus Marx „Göttingen in medicinischer, physischer und historischer Hinsicht. 8. Göttingen 1824. S. 72" bei Schouw l. l.
79) 6jähr. Beob. (1816—1818, 20—22) von Bullmann, MS.
80) 12jähr. Beob. (1781—92) von Preus in den Mannh. Ephem.; v. m. b.
81) 17jähr. Beob. (1769—85) von Béguelin in den Mém. de Berlin für jedes Jahr.
82) 30jähr. Beob. (1788—1809, 1816—23) bei Buek Hamburgs Klima und Witterung. 8. Hamburg 1826. S. 83.
83) Mitgetheilt von Buek l. l. S. 84.
84) 9jähr. Beob. (1818—26) von Rauschenbusch, mitgetheilt von F. C. Förstemann in Kastner's Archiv für Chemie und Meteor. I, 196.

Nehmen wir wenige Orte aus, wo Localursachen wirken mögen, so finden wir, daß in Deutschland die herrschende Luftströmung nahe aus Westen kommt, wie dieses namentlich die Orte auf der norddeutschen Ebene beweisen. Nur Göttingen und Sagan machen hier eine Ausnahme, aber bei letzterem Orte mag die Nähe des schlesischen Gebirges, so wie die fast im Meridiane liegende Richtung des Boberthales, eine Ursache der Anomalie seyn, was Schouw [85]) auch von Göttingen vermuthet. Zu übersehen scheint außerdem nicht der Umstand, daß sich südöstlich von der Windfahne auf dem Observatorium zu Sagan ein 30 Fuß höheres Dach befand, und daß diese Fahne oft eine Richtung hatte, welche der auf der Parochialkirche daselbst diametral entgegengesetzt war [86]). Bedeutender sind die Abweichungen im südlichen Deutschland offenbar wegen der Nähe der Gebirge. So mag in Regensburg die Anomalie von Luftströmungen herrühren, welche aus dem nördlichen Thale der Nab kommen. Am bedeutendsten jedoch ist die Abweichung in Stuttgart, aber der Schwarzwald und die rauhe Alp üben hier gewiß einen sehr bedeutenden Einfluß aus, so wie denn überhaupt die Winde an verschiedenen nahe gelegenen Orten in Würtemberg sehr bedeutende Abweichungen zeigen [87]).

Nehmen wir das Mittel, so ergeben sich im Durchschnitte folgende Verhältnisse:

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,084	0,098	0,119	0,087	0,097	0,185	0,198	0,131

Und hieraus ergiebt sich

Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
S 76° W	0,177	1 : 1,69	1 : 1,18

Die Richtung der Luftströmung nebst ihrer Stärke liegen in Deutschland also in der Mitte von denen in England und Frankreich, und dasselbe gilt von den Verhältnissen der Windrichtungen. Hätten wir dagegen nur die Orte auf der Ebene von Norddeutsch-

85) Schouw Klimatologie I, 44.

86) Mannheimer Ephemeriden für 1781. S. 360.

87) Schübler in Schweigger's Jahrb. N. R. XXV, 145.

land angewendet, dann hätten wir sehr nahe dieselbe Richtung gefunden als in Frankreich, und nur die Stärke wäre bedeutender geworden.

In Dänemark sind die Verhältnisse folgende:

Ort	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Copenhagen [88])	0,088	0,087	0,118	0,106	0,125	0,167	0,186	0,123
Christiansöe [89])	0,100	0,100	0,110	0,120	0,090	0,180	0,200	0,140
Skagen [90])	0,120	0,120	0,070	0,140	0,110	0,220	0,160	0,110
Apenrade [91])	0,120	0,120	0,170	0,090	0,070	0,140	0,180	0,160
Hofmannsgave [92])	0,090	0,090	0,100	0,140	0,140	0,200	0,150	0,110
Viborg [93])	0,110	0,110	0,040	0,160	0,020	0,300	0,090	0,270
Stevn's Leuchtthurm [94])	0,060	0,060	0,090	0,150	0,090	0,180	0,160	0,180

Werden hieraus Richtung und Stärke der Luftströmung hergeleitet, so ergeben sich folgende Größen:

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Südlich	Nördlich zu Westlich
Copenhagen	S 63° W	0,158	1:1,53	1:1,33
Christiansöe	S 75 W	0,166	1:1,57	1:1,30
Skagen	S 63 W	0,171	1:1,49	1:1,57
Apenrade	N 64 W	0,082	1:1,26	1:0,86
Hofmannsgave	S 32 W	0,200	1:1,40	1:1,78
Viborg	S 76 W	0,270	1:2,13	1:1,23
Stevn's Leuchtthurm	S 70 W	0,187	1:1,73	1:1,27

Nehmen wir das Mittel der obigen Größen, so erhalten wir für Dänemark

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,065	0,098	0,100	0,129	0,092	0,198	0,161	0,156

und hieraus ergiebt sich als Resultat

Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
S 62° W	0,170	1:1,54	1:1,31

88) 50jähr. Beob., mitgetheilt von Schouw (Klimatol. I, 9).
89) 8jähr. Beob. (1815—22) bei Schouw l. l. S. 22.
90) 9jähr. Beob. (1815—22) bei Schouw l. l. S. 17.
91) 9jähr. Beob. (1812—20) von Neuber bei Schouw l. l. S. 28.
92) 4jähr. Beob. (1802—05) an der Bucht von Odense im nordöstlichen Theile von Fühnen bei Schouw l. l. S. 29.
93) 2jähr. Beob. (1759—60) von Sören Thestrup bei Schouw l. l.
94) 4jähr. Beob. (1818—22) bei Schouw l. l.

Die Richtung und Stärke der Luftströmung ist hier nahe dieselbe als in England, südlicher als in Deutschland und Frankreich. Nur Hofmannsgave und Apenrade weichen aus mir unbekannten Ursachen bedeutend ab. Ob aber die Nähe des Meeres Ursache dieses Ueberganges nach Süden sey, kann ich nicht bestimmen; vielleicht sind es auch die Gebirge Scandinaviens, welche den SW-Passat des Meeres zum Theil aufhalten und die ankommenden Luftmassen nöthigen, an der Küste entlang nach Norden zu gleiten. Um dieses jedoch auszumachen, würden vielfache Beobachtungen aus Norwegen erforderlich seyn. Die einzigen Aufzeichnungen aber, welche ich in diesem Lande kenne, sind die von Hans Ström in Söndmör in Bergens Stift in 62° 19′ N vom April 1761 bis zum April 1774. Darnach wehen die Winde folgendermaßen: 95)

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,15	0,06	0,09	0,10	0,21	0,05	0,30	0,04

und hieraus folgt

Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
S 59° W	0,188	1:1,56	1:1,44

Hier also sind die Winde noch mehr nach Süden gegangen, als in Dänemark und England. Aber es würde voreilig seyn, aus dem Verhalten an einem Orte etwas Allgemeines für das ganze Land folgern zu wollen. Außerdem lieferte Bohr für Bergen nach vierjährigen Beobachtungen das Verhalten der vier Cardinalwinde 96); darnach wehte in dieser Zeit

N	O	S	W
277	391	535	258 Mal

also auch hier würde der Wind vorzugsweise aus S kommen, jedoch würde die Strömung auf der östlichen Seite des Horizon-

95) Schouw Klimatalogie I, 50. — In den Mannheimer Ephemeriden befinden sich Beobachtungen zu Spydberg und Edsberg, dieselben umfassen aber nur zwei Jahre, ein Zeitraum, der für Gebirgsgegenden viel zu kurz ist.

96) Magazin for Naturvidenskaberne II Tab.

tes liegen, was sich aus einem Herabstürzen der Luft von den Gebirgen erklären ließe. Beobachtungen, welche Bohr später anstellte und im letzten Heft des Magazin for Naturvidenskaberne für 1826 mittheilte, sind theils unvollständig, indem jährlich mehrere Monate fehlen, theils eben so unvollkommen mitgetheilt. Noch ungenügender ist die Angabe des Probst Nils Hertzberg, nach welcher in Stavanger von 1798 bis 1822 2597 östliche und südliche, 2965 westliche und nördliche Winde wehten [97]).

Jenseits der norwegischen Alpen haben wir in Schweden folgende Messungen:

Ort	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Stockholm [1])	0,130	0,106	0,095	0,102	0,125	0,152	0,190	0,100
Upsala [2])	0,084	0,113	0,050	0,112	0,106	0,261	0,115	0,157
Weriö [3])	0,092	0,092	0,094	0,117	0,158	0,217	0,173	0,062

Hieraus folgt

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Stockholm	S 77° W	0,134	1 : 1,46	1 : 1,13
Upsala	S 65 W	0,224	1 : 2,94	1 : 1,35
Weriö	S 34 W	0,228	1 : 1,46	1 : 1,98

Hiernach sind also die Winde südlicher als in Deutschland und Frankreich; ob dieses für Schweden allgemein gelte, läßt sich aus Mangel an Beobachtungen nicht entscheiden; sollte dieses der Fall seyn, so möchte die Ursache vielleicht darin liegen, daß die Luft sich im Becken des bottnischen Meerbusens am bequemsten nach Norden bewegen kann. Dieses scheint wenigstens das Ver-

97) Magazin for Naturvidenskaberne 1824. Hft. II. p. 181.

1) 10jähr. Beob. (1783—92) von Nicander in den Mannh. Ephem.; v. m. b.

2) 9jähr Beob. (1748—56) von Ferner, in den Abhandl. d. schwed. Acad. für die gedachten Jahre.

3) 2jähr. Beob. (1815—16) von Heurlin in Kongl. Vetensk. Acad. Handl. for 1816 u. 1817.

halten der Winde in Finnland anzudeuten. Hier finden wir nämlich:

Ort	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Abo [4])	0,089	0,147	0,102	0,119	0,114	0,187	0,126	0,116
Lajhela = Kirchspiel [5])	0,154	0,096	0,097	0,068	0,184	0,170	0,134	0,097
Uhleaborg [6])	0,150	0,110	0,120	0,113	0,203	0,124	0,094	0,086

Hieraus ergiebt sich

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Abo	S 53° W	0,075	1:1,19	1:1,19
Lajhela	S 66 W	0,120	1:1,54	1:1,22
Uhleaborg	S 1 O	0,079	1:0,89	1:1,27

Hier sind die Winde noch weit entschieden südlicher, als in Schweden; es scheint jedoch die Stärke der Luftströmung zu beweisen, daß diese Anomalien vielleicht in localer, durch sorgfältige Beobachtungen an mehreren Orten auszumittelnden Verhältnissen ihren Grund haben [7]). Daß wenigstens die Winde beim Uebergange ins Innere des Continentes kein Streben haben südlicher zu werden, zeigt schon die Vergleichung von England mit Frankreich und Deutschland, und eben dieses beweisen die

4) 12jähr. Beob. (1750—61) von Leche, Abh. d. schwed. Acad. XXIV 193. Die obigen Größen geben für die Richtung genau S 42° 10′ W; der Verf. hat indessen N und NNO, O und ONO u. s. w. zusammengezogen, es liegt mithin der Anfang der Kreistheilung in der Mitte zwischen N und NNO, d. h. 11° 15′ östlich von N.

5) An der Küste des bottnischen Meerbusens, 2 Meilen südöstlich von Wasa. 4jähr. Beob. (1751—54) von Stjerwal, mitgetheilt von Runeberg in den Abhandl. der schwed. Acad. für 1758. Bd. XX. S. 120.

6) 12jähr. Beob. (1776—87) von Julin in den Neuen Abhandl. der schwed. Acad. für 1789. Bd. X, 104. Die Eintheilung der Windrose eben so wie in Abo.

7) Sind Windfahnen oder Zug der Wolken beobachtet? Diese Frage ist weder hier noch an den vielen der übrigen Orte beantwortet.

folgenden wenigen Aufzeichnungen in Rußland, Polen und Ungarn:

Ort	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Petersburg [8])	0,120	0,110	0,130	0,090	0,110	0,120	0,180	0,140
Moscau [9])	0,115	0,113	0,037	0,165	0,087	0,187	0,058	0,238
Wilna [10])	0,076	0,044	0,081	0,186	0,081	0,150	0,254	0,128
Ofen [11])	0,084	0,098	0,075	0,079	0,113	0,115	0,173	0,140

Hieraus ergiebt sich

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Petersburg	N 67° W	0,100	1:1,33	1:0,86
Moscau [12])	N 80 W	0,127	1:1,53	1:0,94
Wilna	S 60 W	0,240	1:1,71	1:1,24
Ofen	N 70 W	0,256	1:2,15	1:0,69

Die Richtung der Strömung, welche in Scandinavien mehr südlich war, ist hier wieder nach Norden gegangen; nehmen wir das Mittel der vier Orte, so finden wir

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,099	0,091	0,081	0,130	0,098	0,143	0,166	0,192

und hieraus ergiebt sich

Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
N 87° W	0,167	1:1,66	1:0,97

---

8) 20jähr. Beob. (1772—92) von J. A. Euler aus den Nova Acta Ac. Petrop. IX, 393 bei Schouw (Klimatologie I, 47).

9) 7jähr. Beob. (1785—89, 91—93) von Stritter in den Mannh. Ephem.; v. m. b.

10) 1jähr. Beob. (April 1770—März 1771) von Poczobut bei Cotte Traité p. 366.

11) 11jähr. Beob. (1782—92) von Weiß und Bruna in den Mannh. Ephem.; v. m. b.

12) Schouw theilt nur die Resultate von zweijährigen Beobachtungen mit, und darnach wird Richtung N 58° W und Stärke 0,146, also die Luftströmung bei weitem nördlicher. Das von mir gegebene Resultat verdient den Vorzug, weil ihm mehr Jahre zum Grunde liegen.

Welchen Einfluß hiebei Localursachen haben, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden; ob z. B. in Petersburg Winde von den Bergen Finnlands nach Süden kommen, oder ob die Luftströmung in Ofen deshalb so nördlich wird, weil Luftmassen von den Bergen in NW gegen die südöstlich liegende Ebene stürzen, läßt sich jetzt nicht ausmachen. Beobachtungen im Innern von Rußland müßten hierüber genügende Auskunft geben, aber aller Mühe ungeachtet konnte ich solche nicht erhalten. In Kasan scheinen die Verhältnisse noch eben so zu seyn als im westlichen Europa. Nach vierjährigen Beobachtungen von Bronner (1814—1817) war dort SW der vorherrschende Wind in 22 Monaten, S in 13 Monaten, N in 7 Monaten, NO in 3 Monaten, SO in 2 Monaten und W in einem Monate [13]). Und eben so sollen in Bargusin in Sibirien (53° 25′ N und 4° 59′ westlich von Irkutzk) W und N Winde die gewöhnlichsten seyn [14]), und in dem von W nach O laufenden Thale von Nertschinsk wehen westliche Winde fast zwei Drittel des Jahres [15]).

Vielleicht wird kein Land Europas so viel Localverhältnisse aufweisen, als die Schweiz; da ich jedoch nur Messungen von wenigen Punkten besitze, so übergehe ich diese ganz und theile die Windrichtungen in Italien mit, wo Localverhältnisse ebenfalls eine sehr wichtige Rolle spielen. So wünschenswerth es auch wäre, hier recht viele Orte zu vergleichen, so besitze ich hier doch nur Aufzeichnungen an drei Punkten:

Ort	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Padua [16])	0,291	0,129	0,128	0,064	0,064	0,065	0,113	0,146
Mailand [17])	0,066	0,134	0,265	0,094	0,038	0,120	0,198	0,085
Rom [18])	0,297	0,093	0,038	0,074	0,128	0,220	0,086	0,064

13) Erdmann Beiträge zur Kenntniſs des Innern von Ruſsland I, 177.

14) Georgi Reise im russischen Reiche I, 129.

15) Georgi l. l. I, 427.

16) 12jähr. Beob. (1781—92) von Toaldo und Chiminello, in den Mannh. Ephem.; v. m. b.

17) 54jähr. Beob. (1763—1817) der Astronomen auf der Sternwarte, mitgetheilt von Cesaris Memorie di Matem. e di Fisica della Società Italiana T. XVIII, Fisica. p. 73.

18) 11jähr. Beob. (1782—92) von Calandrelli in den Mannh. Ephemeriden; v. m. b. — Das Journal zu Bologna in den Mannh. Ephemeriden hat sehr viele Lücken.

Ort	Breite	Lä	NW
Fort Churchill [22])			343
Fort Brady [23])	46.39	8	158
Fort Snelling [24])	44.53	9	235
Fort Sullivan [25])	44.44	6	225
Fort Howard [26])	44.40	8	023
Fort Crawford [27])	43. 3	9	250
Cambridge [28])	42.25	7	282
Fort Wollcott [29])	41.30	7	216
Council Bluffs [30])	41.25	9	147
Fort Columbus [31])	40.42	7	296
Fort Mifflin [32])	39.51	7	210
Fort Severn [33])	38.58	7	201
Washington [34])	38.53	7	246
Fort Johnston [35])	34. 0	7	108
Fort Moultrie [36])	32. 4	7	031
Cantonment Jesup [37])	31.30	9	098
Baton Rouge [38])	30.26	9	099
Cantonment Clinch [39])	30.24	8	135
St. Augustine [40])	29.50	8	096
Cantonment Brooke [41])	27.57	8	131

21) Sämmtliche Längen sind westlich von dem Meridia… und Missouri,

22) An der Hudsonsbai, Beob. vom Septbr. 1767 bi… bei Lovell.
W. Wales in den Phil. Trans. for 1770. p. 1…i Lovell.

23) Am Ausflusse des oberen Sees, 595 (engl.) Fu…
3jähr. Beob. (1823—25), mitgetheilt von Love…a, 2jähr Beob.
rogical register by the surgeons of the army.
1826. …ovell.

24) Am Zusammenflusse des St. Peters und Mississipp…
über dem Meere; 3jähr. Beob. (1822, 24, 25) bei …

25) Bei Eastport in Maine, 4jähr. Beob. (1822—25…1822—25) bei

26) Am südlichen Ende der Green-Bai, welche sich in … (1823—24)
ergießt, 600 Fuß über dem Meere; 4jähr. Beob.
Lovell. Die fast von NO nach SW streichende R…
ist wahrscheinlich Ursache von dem Vorherrschen diese…, 3jähr. Beob.

27) Bei Prairie du Chien in der Nähe des Zusamm…
consan und Mississippi, 580 Fuß über dem Meere. …rleans, Beob.
24) bei Lovell.

28) Bei Boston, 3jähr. Beob. (1785—87) von Willi… bei Lovell.
heimer Ephem.; v. m. b.

29) Hafen von Newport, 4jähr. Beob. (1822—25) b…ei Lovell.

Hieraus ergiebt sich

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Padua	N	0,337	1:1,01	1:0,34
Mailand	N 61° O	0,088	1:0,82	1:0,89
Rom	N 61 W	0,149	1:1,80	1:0,93

Während wir also im übrigen Europa vorzugsweise südliche und westliche Winde antreffen; haben hier die nördlichen das Uebergewicht erhalten. Sollen wir hier annehmen, daß dieses der Luftstrom sey, welcher in den höheren Regionen die Luft zum Aequator zurückbringt und sich hier in die Tiefe senkt? Lambert und Dove scheinen der Meinung zu seyn, daß dieses der Fall sey [19]). Ich bezweifle die Richtigkeit dieser Behauptung. Es hängen diese Nordwinde innig zusammen mit den Moussons des Mittelmeeres; im Winter, also einen großen Theil des Jahres, ist die Luft über dem Meere wärmer als über dem Lande, nothwendig geht also ein Luftstrom von diesem gegen das Meer, welcher im Allgemeinen nördlich seyn wird. Der heiße Luftstrom von der africanischen Wüste unterhält eben diesen Kreislauf im Sommer, wo von den Gletschern große Luftmassen in die Tiefe sinken und sich nach Süden bewegen; daher finden wir denn auch, daß in Padua mehr als ein Drittel aller Winde aus Norden kommt. Daher wehen dann auf dem adriatischen Meere nicht selten heftige Stürme aus NNO (die Bora der Seeleute), welche sich besonders im nördlichen Theile durch Ungestüm auszeichnen [20]). Darnach glaube ich, daß die Luftströmung in Italien durchaus in keinem nähern Zusammenhange mit den Winden in den übrigen Theilen von Europa stehe.

Ehe ich die Windverhältnisse in den verschiedenen Jahreszeiten betrachte, scheint es mir zweckmäßig, das Verhalten der Winde in Nordamerica zu untersuchen. Hier besitzen wir folgende Messungen: *)

---

19) Poggendorff's Annalen l. l.

20) Spix und Martius Reise nach Brasilien I, 16

*) S. die nebenstehende Tabelle S. 234—237.

Hieraus ergeben sich folgende Resultate:

Ort	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Fort Churchill	N 42° W	0,399	1:2,48	1:0,33
Fort Brady	S 55 W	0,205	1:1,16	1:1,11
Fort Snelling	S 81 W	0,230	1:2,18	1:1,10
Fort Sullivan	S 86 W	0,268	1:3,12	1:0,94
Fort Howard	S 60 W	0,161	1:1,48	1:1,28
Fort Crawford	N 83 W	0,171	1:2,15	1:0,94
Cambridge	N 87 W	0,258	1:2,35	1:0,95
Fort Wollcott	S 84 W	0,287	1:2,73	1:1,14
Council Bluffs	S 24 W	0,065	1:1,15	1:1,16
Fort Columbus	S 76 W	0,231	1:2,07	1:1,08
Fort Mifflin	S 55 W	0,184	1:1,50	1:1,37
Fort Severn	S 49 W	0,039	1:1,12	1:0,95
Washington	N 76 W	0,156	1:1,72	1:0,89
Fort Johnston	N 72 W	0,162	1:2,55	1:0,84
Fort Moultrie	S 65 O	0,280	1:0,42	1:1,41
Cantonment Jesup	S 50 O	0,197	1:0,62	1:1,53
Baton Rouge	S 10 W	0,109	1:1,07	1:1,44
Cantonment Clinch	S 4 W	0,176	1:1,07	1:1,73
St. Augustine	N 62 O	0,397	1:0,31	1:0,64
Cantonment Brooke	S 31 O	0,096	1:0,85	1:1,22

Wenn auch die Beobachtungen an den meisten der gedachten Orte zu kurze Zeit angestellt sind, um alle Anomalien zu entfernen, so lassen sie uns doch im Allgemeinen die Richtung der Winde übersehen. Als allgemeiner Satz ergiebt sich hieraus, daß die Winde vorzugsweise aus dem westlichen Theile des Horizontes kommen, und wir sehen mithin, daß der ältere auf Europa anwendbare Satz, daß die Winde einer Gegend vorzüglich von der See kommen [42]), unrichtig sey. Ja die westliche Richtung scheint in America noch vorherrschender zu seyn, als in manchen Gegenden von Europa; nehmen wir nämlich das Mittel der Orte in obiger Tafel von Churchill bis Washington, so ergiebt sich:

42) Lambert deutscher gelehrter Briefwechsel VI, 284.

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,096	0,116	0,049	0,108	0,123	0,197	0,101	0,210

und hieraus folgt

Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
S 86° W	0,182	1:1,86	1:1,01

Mit Ausnahme Englands ist in keinem Theile Europa's, in welchem wir eine größere Zahl von Messungen besitzen, die Stärke der Luftströmung so groß; sie würde aber noch bedeutender seyn, als in diesem Lande, wofern das Verhältniß der südlichen und nördlichen Winde nicht nahe gleich wäre, denn selbst größer noch als in England ist das Verhältniß der östlichen Winde zu den westlichen. Und eben so scheinen noch in dem Polarmeere nördlich von America die Westwinde das Uebergewicht zu haben, wenigstens machte Parry die Bemerkung, daß alle westlichen Eingänge der Straßen weit stärker mit Eis belegt sind, als die östlichen, und eben dieses fand Richardson in der Folge bestätigt [43]. Wir werden später noch näher erweisen, daß die mittlere Wärme über dem Festlande geringer ist, als in gleicher Breite über dem Meere, und wenn wir nun beachten, daß in den höheren Breiten eine westliche Luftströmung vorherrschend ist, dann wird begreiflich, weshalb die Westwinde in America häufiger sind, als in Europa; der untere vom Lande gegen das Meer gerichtete Luftstrom ist dort westlich, hier östlich; dort also verstärkt er diese allgemeine Richtung, hier dagegen schwächt er dieselbe.

Untersuchen wir aber die Richtung zunächst an den Orten, welche in der Nähe des atlantischen Meeres liegen, so zeigen die Beobachtungen im Fort Sullivan, Cambridge, Fort Wollcott, Fort Columbus, Fort Mifflin, Fort Severn, Washington und Johnston, daß die Luftströmung zwischen SW und W liegt; je weiter wir nach Norden gehen, desto stärker wird dieser Luftstrom, desto mehr geht er aber zugleich nach Norden. Nur Washington macht in dieser Hinsicht eine bedeutende Ausnahme; es ist aber die Frage, ob die benachbarten blauen Berge dazu beitragen,

43) Franklin zweite Reise S. 274. 284.

der Luftströmung eine so nördliche Richtung zu geben, es scheint dieses um so wahrscheinlicher, da diese Richtung mit der vom Thale des Potomac und seiner Durchbruchsspalte im blauen Gebirge zusammenfällt. Und einen völlig ähnlichen Uebergang nach Norden zeigen uns die im Innern des Landes liegenden Punkte, namentlich Council Bluffs und Fort Churchill, obgleich am letztern Orte schwerlich einjährige Beobachtungen genügen möchten, um die Verhältnisse zu fixiren.

Die südlicher liegenden Orte zeigen, daß sie sich bereits in der Region der Passate befinden, namentlich ist dieses in St. Augustine der Fall, während die Luftströmung im Fort Moultrie bei Charlestown zwischen S und O liegt, was wahrscheinlich durch das Zusammentreffen des NO-Passates mit dem herabsinkenden SW Winde bedingt werden möchte, eben so wie dieses an den übrigen Orten am Südrande von Nordamerica der Fall ist.

Bisher haben wir die Richtung des Windes nur im Durchschnitte des Jahres betrachtet. Wenn wir jedoch erwägen, daß das Festland im Sommer wärmer, im Winter kälter ist, als das Meer, so wird begreiflich, daß in jener Zeit der Wind vom Meere gegen das Land, in dieser aber umgekehrt wehen muß. Bleiben wir zunächst bei der von SW nach NO laufenden Ostküste America's stehen, so würde z. B. im Fort Columbus bei New-York der Wind ohne Einwirkung anderer Ursachen im Sommer aus SSO, im Winter aus NNW kommen, wie dieses bereits Benj. Franklin behauptete [44]). Da aber die westliche Strömung hier vorherrschend ist, so wird im Sommer der Wind eine aus SSO und W, im Winter aus NNW und W zusammengesetzte Richtung haben. Folgende Tafel, welche die absoluten Zahlen der einzelnen Winde zeigt, bestätigt dieses vollkommen:

44) Franklin's Werke von Wenzel II, 14.

Fort

Fort Columbus	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Januar	1	14	4	6	11	27	9	49
Februar	6	15	4	7	6	25	5	45
März	3	16	5	15	7	24	11	43
April	1	14	5	21	14	28	6	31
Mai	...	12	...	23	29	21	7	32
Junius	1	14	1	25	19	27	7	26
Julius	...	9	6	15	22	40	10	22
August	4	16	3	17	33	24	9	18
September	...	25	4	25	11	23	5	30
October	2	10	8	17	19	12	7	49
November	7	10	1	9	7	28	12	46
December	7	13	1	14	10	23	13	43

Und hieraus folgt

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Januar	N 72° W	0,377	1:3,54	1:0,66
Februar	N 62 W	0,372	1:2,89	1:0,57
März	N 72 W	0,267	1:2,17	1:0,74
April	S 49 W	0,200	1:1,63	1:1,37
Mai	S 34 W	0,283	1:1,74	1:1,66
Junius	S 31 W	0,257	1:1,50	1:1,73
Julius	S 38 W	0,401	1:2,40	1:2,49
August	S 20 W	0,291	1:1,42	1:1,68
September	S 42 W	0,049	1:1,07	1:1,07
October	N 80 W	0,189	1:1,94	1:0,79
November	N 75 W	0,430	1:4,30	1:0,71
December	N 75 W	0,330	1:2,82	1:0,75

Wir finden hier also so entschieden von den Jahreszeiten abhängige Richtungen, daß wir sie sehr gut wahre Moussons nennen könnten. Im Januar und Julius, also zur Zeit der geringsten oder größten Wärme des Jahres, ist der Wind am meisten nördlich oder südlich, die Hälfte der Winde folgt dann der allgemeinen Strömung; um die Zeit der Aequinoctien dagegen, wo der Uebergang Statt findet, ist die Richtung unentschieden, die Stärke des herrschenden Windes sehr schwach. Und auch am

mexicanischen Meerbusen zeigt sich dieser Wechsel. So finden wir in Pensacola (Cantonment Clinch) folgende Richtung und Stärke:

	Richtung	Stärke		Richtung	Stärke
Januar	N 17° O	0,126	Julius	S 32° W	0,582
Februar	N 57 W	0,101	August	S 31 W	0,246
März	S 12 O	0,251	September	S 39 O	0,187
April	S 1 W	0,444	October	N 57 O	0,277
Mai	S 31 W	0,336	November	N 85 O	0,190
Junius	S 26 W	0,582	December	N 56 O	0,345

Wenn dreijährige Beobachtungen auch nicht genügen, die Richtung der Strömungen scharf anzugeben, so ist doch nicht zu verkennen, daß die Luft im Winter mit Lebhaftigkeit gegen das südliche Meer strömt. Und dieser Einfluß des Temperaturunterschiedes zwischen Festland und Meer zeigt sich noch weit von den Küsten, sowohl im mexicanischen Meerbusen, als auf dem großen Oceane. Häufig arten diese Winde in Stürme aus und stören dann die Schifffahrt. Die *Nortes* der Spanier, eigentlich NW-Winde, wehen im mexicanischen Meerbusen vom Herbste bis zum Frühlinge. Am schwächsten sind dieselben gewöhnlich in den Monaten September und October, am heftigsten im März. In Veracruz beginnt der Sturm zuweilen mit solchem Ungestüm, daß die auftobenden Wellen hoch über die Stadtmauer schlagen. Diese Stürme dauern drei bis vier, zuweilen zehn bis zwölf Tage; so wie denn überhaupt der tropische Ostwind alsdann hier nur drei bis vier Tage anhält [45]). Eben diese Nordwinde zeigen sich auf Cuba oft so anhaltend, daß das Thermometer in der Havannah auf 0° sinkt [46]). Auch im Sommer zeigen sich zuweilen im mexicanischen Meerbusen heftige Windstöße aus N (Nortes de Huesco colorado), stets aber gehören dieselben zu den selteneren Erscheinungen. Eben dieser Austausch zwischen den Luftmassen des Festlandes und Meeres zeigt sich auch an der Westküste von Mexico. In der Nähe derselben wird die Schifffahrt auf dem großen

45) Humboldt Neu-Spanien I, 54. 69 folg. Dampier Traité des Vents p. 59.

46) Humboldt Voyage XI, 250.

Oceane im Julius und August äußerst gefährlich, es wüthen schreckliche aus NW, also vom Meere kommende, Stürme, welche es selbst noch im September sehr gefährlich machen, an der Küste von Guatimala zu landen [47]. Vom October bis zum Mai wird in diesen Gegenden die Ruhe des sogenannten stillen Meeres durch heftige Stürme aus NO unterbrochen. Es heißen diese Windstöße Papagallos und Tehuantepec, sie erstrecken sich hauptsächlich vom weißen Vorgebirge von Nicoya (9° 30′ N) bis zum Meerbusen von Santa Catharina (10° 45′ N). Da das Gleichgewicht der Atmosphäre im Januar und Februar auf dem Antillenmeere aufgehoben ist, so strömen nach Humboldt vielleicht die aufwogenden Luftmassen mit großem Ungestüm queer über den Continent gegen den großen Ocean hin [48].

Eine ähnliche wenn auch weniger deutlich in die Augen springende Abhängigkeit der Windrichtungen von den Jahreszeiten treffen wir in Europa. So geben die Beobachtungen Bouvard's für Paris folgende Größen:

Paris	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Januar	0,154	0,118	0,069	0,074	0,194	0,154	0,142	0,095
Februar	0,096	0,068	0,063	0,078	0,226	0,179	0,199	0,091
März	0,158	0,184	0,051	0,065	0,129	0,154	0,169	0,091
April	0,183	0,138	0,077	0,066	0,162	0,131	0,147	0,096
Mai	0,140	0,092	0,077	0,078	0,162	0,197	0,178	0,076
Junius	0,192	0,125	0,060	0,046	0,087	0,155	0,220	0,114
Julius	0,151	0,065	0,044	0,046	0,119	0,203	0,269	0,103
August	0,104	0,061	0,062	0,035	0,121	0,224	0,270	0,123
September	0,129	0,119	0,068	0,058	0,173	0,188	0,175	0,091
October	0,078	0,075	0,071	0,104	0,274	0,173	0,150	0,075
November	0,078	0,100	0,056	0,071	0,200	0,206	0,191	0,098
December	0,061	0,125	0,076	0,051	0,231	0,210	0,171	0,075

Aus diesen Größen ergeben sich folgende Resultate:

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Januar	S 66° W	0,124	1:1,50	1:1,15
Februar	S 48 W	0,298	1:2,24	1:1,90
März	N 59 W	0,133	1:1,38	1:0,80
April	N 49 W	0,072	1:1,33	1:0,88

47) Humboldt Neu-Spanien I, 72.

48) Humboldt. l. l. Dampier Traité des vents p. 47.

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Mai	S 61° W	0,199	1:1,83	1:1,42
Junius	N 60 W	0,265	1:2,12	1:0,67
Julius	N 86 W	0,364	1:3,71	1:1,16
August	S 80 W	0,392	1:3,91	1:1,32
September	S 68 W	0,193	1:1,85	1:2,23
October	S 24 W	0,316	1:1,59	1:2,42
November	S 52 W	0,290	1:2,18	1:1,73
December	S 39 W	0,274	1:1,81	1:1,89
Winter	S 48 W	0,229	1:1,82	1:1,58
Frühling	N 88 W	0,128	1:1,50	1:0,99
Sommer	N 88 W	0,328	1:3,09	1: 1
Herbst	S 48 W	0,283	1:1,86	1:1,72

Für Berlin geben die oben erwähnten Aufzeichnungen von Beguelin folgende Größen:

Berlin	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Januar	0,036	0,078	0,187	0,110	0,118	0,208	0,171	0,092
Februar	0,048	0,095	0,105	0,106	0,112	0,242	0,180	0,112
März	0,036	0,098	0,168	0,120	0,095	0,162	0,212	0,109
April	0,056	0,140	0,139	0,096	0,062	0,153	0,232	0,122
Mai	0,051	0,121	0,133	0,119	0,041	0,168	0,201	0,167
Junius	0,053	0,081	0,097	0,117	0,050	0,154	0,219	0,229
Julius	0,057	0,065	0,072	0,069	0,048	0,138	0,311	0,240
August	0,080	0,064	0,071	0,064	0,075	0,192	0,250	0,204
September	0,041	0,082	0,133	0,111	0,083	0,189	0,222	0,138
October	0,061	0,046	0,154	0,127	0,108	0,201	0,184	0,119
November	0,047	0,093	0,115	0,126	0,093	0,199	0,213	0,111
December	0,048	0,084	0,158	0,143	0,084	0,201	0,177	0,106

Hieraus ergiebt sich

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Januar	S 19° W	0,197	1:1,26	1:2,12
Februar	S 48 W	0,246	1:1,75	1:1,80
März	S 36 W	0,139	1:1,22	1:1,53
April	N 89 W	0,122	1:1,35	1:0,98
Mai	N 85 W	0,136	1:1,44	1:0,96
Junius	N 83 W	0,255	1:2,04	1:0,88
Julius	N 89 W	0,412	1:3,34	1:0,70

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Südlich	Nördlich zu Südlich
August	N 88° W	0,369	1:3,25	1:0,95
September	S 62 W	0,209	1:1,69	1:1,47
October	S 40 W	0,210	1:1,54	1:1,93
November	S 51 W	0,209	1:1,57	1:1,66
December	S 28 W	0,163	1:1,26	1:1,80
Winter	S 33 W	0,197	1:1,37	1:1,90
Frühling	S 73 W	0,116	1:1,32	1:1,13
Sommer	N 83 W	0,346	1:2,77	1:0,85
Herbst	S 50 W	0,201	1:1,60	1:1,67

Nehmen wir Hamburg, so erhalten wir folgende Größen, welche angeben, wie viel Tage ein jeder Wind während des Monates weht.

Hamburg	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Januar	0,9	2,2	4,3	4,5	1,7	6,9	5,7	4,8
Februar	1,0	2,5	3,2	2,8	1,1	7,1	6,6	3,5
März	2,0	4,6	5,0	3,1	1,1	4,1	6,5	4,6
April	1,7	5,3	4,3	3,5	0,9	4,3	5,9	4,1
Mai	1,0	5,8	4,3	2,9	0,9	3,8	6,5	5,9
Junius	0,8	3,8	1,8	1,7	0,7	4,4	9,4	7,1
Julius	0,9	1,9	2,5	2,4	1,2	6,4	9,7	5,8
August	1,1	2,2	2,4	3,0	1,1	7,3	9,3	4,7
September	0,9	2,8	3,0	2,6	1,7	6,0	8,7	4,3
October	0,6	2,0	4,7	4,2	2,6	7,2	6,7	3,0
November	0,8	2,3	4,6	3,2	1,9	7,2	7,3	2,7
December	0,8	2,4	4,6	3,8	1,9	7,4	7,1	2,9

Und hieraus ergiebt sich

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Januar	S 52° W	0,210	1:1,58	1:1,66
Februar	S 68 W	0,277	1:2,02	1:1,57
März	N 44 W	0,103	1:1,20	1:0,74
April	N 34 W	0,078	1:1,09	1:0,78
Mai	N 39 W	0,150	1:1,25	1:0,60

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Junius	N 74° W	0,416	1:2,86	1:0,58
Julius	S 85 W	0,417	1:3,22	1:1,16
August	S 78 W	0,384	1:2,80	1:0,81
September	S 79 W	0,305	1:2,26	1:1,29
October	S 36 W	0,262	1:1,55	1:2,50
November	S 50 W	0,254	1:1,70	1:2,12
December	S 46 W	0,244	1:1,61	1:2,15
Winter	S 55 W	0,237	1:1,72	1:1,77
Frühling	N 39 W	0,110	1:1,18	1:0,70
Sommer	W	0,397	1:2,96	1:1,00
Herbst	S 67 W	0,236	1:1,81	1:1,89

Nehmen wir einen Ort im südlichen Deutschland, so zeigt uns z. B. Prag folgende Vertheilung der Winde:

Monat	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Januar	0,035	0,028	0,034	0,106	0,153	0,275	0,239	0,129
Februar	0,045	0,048	0,033	0,061	0,085	0,238	0,259	0,231
März	0,091	0,062	0,038	0,102	0,119	0,223	0,169	0,197
April	0,089	0,109	0,098	0,082	0,107	0,198	0,155	0,162
Mai	0,088	0,075	0,079	0,119	0,108	0,221	0,150	0,159
Junius	0,127	0,068	0,064	0,054	0,098	0,154	0,224	0,211
Julius	0,043	0,031	0,031	0,049	0,072	0,281	0,240	0,253
August	0,085	0,024	0,035	0,036	0,086	0,243	0,250	0,241
September	0,042	0,053	0,059	0,059	0,092	0,252	0,266	0,177
October	0,047	0,063	0,057	0,102	0,086	0,261	0,154	0,230
November	0,062	0,017	0,038	0,056	0,149	0,290	0,217	0,171
December	0,041	0,034	0,067	0,111	0,209	0,290	0,154	0,094

Hieraus folgt

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
Januar	S 56° W	0,483	1:3,92	1:2,78
Februar	S 84 W	0,483	1:5,13	1:1,19
März	S 77 W	0,321	1:2,92	1:1,27
April	S 82 W	0,178	1:1,78	1:1,08
Mai	S 65 W	0,224	1:1,94	1:1,39
Junius	N 77 W	0,341	1:3,16	1:0,75
Julius	S 83 W	0,534	1:6,97	1:1,23
August	S 89 W	0,516	1:7,73	1:1,06

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nördlich zu Südlich
September	S 76° W	0,444	1:4,06	1:1,48
October	S 75 W	0,339	1:2,91	1:1,32
November	S 66 W	0,495	1:6,11	1:1,98
December	S 35 W	0,442	1:2,54	1:3,61
Winter	S 58 W	0,442	1:3,70	1:2,23
Frühling	S 74 W	0,239	1:2,14	1:1,24
Sommer	W	0,459	1:5,35	1:0,99
Herbst	S 71 W	0,429	1:4,00	1:1,56

Es würde sehr viel Raum erfordern, sollte ich dieselbe Vergleichung noch an andern Orten vornehmen. Ich habe an den meisten Punkten, von denen ich wenigstens fünfjährige Beobachtungen besaß, die Verhältnisse in den Jahreszeiten, bei länger fortgesetzten Aufzeichnungen auch in den einzelnen Monaten zu bestimmen gesucht. Die Resultate stimmen an den meisten Orten von Europa mehr oder weniger überein; darnach haben wir folgende, zum Theil schon von Schouw [48]) angegebene Gesetze zu beachten:

1) Im Winter ist die Richtung der Luftströmung meistens südlicher als im Durchschnitte des Jahres; die Stärke dieser Luftströmung ist im Januar, an vielen Orten auch im Februar, am größten.

2) Im Frühlinge, an manchen Orten im März, an andern im April, erheben sich häufig Ostwinde, welche die Stärke der westlichen Luftströmung sehr vermindern, so daß diese an allen Orten weit geringer ist, als im jährlichen Durchschnitte; das Verhältniß der nördlichen Winde zu den südlichen ist weniger bestimmt, an einigen Orten ist es größer, an andern geringer, als im jährlichen Durchschnitte, so daß die Luftströmung im Frühlinge bald nördlich bald südlich von der jährlichen liegt.

3) Im Sommer, namentlich im Julius, wehen die Winde vorzugsweise aus W, das Uebergewicht der westlichen Winde

48) Schouw Klimatologie I, 57.

über die östlichen erreicht dann das Maximum, zugleich werden die nördlichen Winde häufiger, so daß die Luftströmung in dieser Jahreszeit nördlich von der mittleren liegt.

4) Im Herbst nimmt das Uebergewicht der westlichen Winde ab, dagegen nehmen die südlichen Winde namentlich im October sehr schnell zu, dergestalt, daß an vielen Orten die Luftströmung näher an Süden liegt, als in irgend einem andern Monate.

Die Ursache dieser Abhängigkeit der Windrichtung von den Jahreszeiten liegt in den Temperaturdifferenzen benachbarter Gegenden. Im Allgemeinen ist die Luftströmung in Europa westlich oder südwestlich, es ist dieses der in höheren Breiten herabsinkende SW-Passat [48]). Im Winter aber ist bei einerlei Breite das Innere des Continentes kälter als die Luft über dem Meere, dadurch entstehen in Europa östliche Winde, welche die Stärke der südlichen Luftströmung etwas schwächen. Erst einige Zeit nachdem die Temperaturdifferenz am größten war, wehen die Ostwinde mit größter Stärke, sie heben einen großen Theil der Westwinde auf, und größer als in einer andern Jahreszeit ist das Verhältniß der östlichen Winde zu den westlichen [49]). So wie die nördliche Declination der Sonne aber größer wird, so steigt die Wärme über dem Festlande weit schneller als über dem Meere, daher werden in den unteren Regionen der Atmosphäre häufig vom Meere kommende Westwinde wehen; das Verhältniß der westlichen Winde zu den östlichen ist im Sommer am größten, die Stärke der vorherrschenden Luftströmung erreicht dann ihr Maximum. Zugleich aber ist die Richtung dieser Strömung nach Norden gegangen, offenbar weil die kältesten Luftmassen alsdann in NW liegen und die Winde also vorzugsweise aus dieser Gegend kommen. Schouw [50]) glaubt aus zweijährigen Beobachtungen zu Moscau schließen zu können, daß dieser Unterschied der mittleren Luftströmung in verschiedenen Jahreszeiten im Innern

---

48) le Gentil in den Mém. de Paris 1784. p. 480.

49) Die Passate zeigten auf dieselbe Art, daß erst einige Monate nach der größten oder niedrigsten Temperatur das Maximum der Verrückung eintrat. Vgl. Brandes Beiträge S. 13.

50) Schouw Klimatologie I, 57.

von Europa verschwinde; aber siebenjährige Beobachtungen (1785—89, 91, 92) in den Mannheimer Ephemeriden zeigen, daß dort noch dieselben Verhältnisse Statt finden. Bleiben wir nämlich bei den Jahreszeiten stehen, so finden wir

Zeit	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Winter	0,091	0,123	0,058	0,199	0,090	0,175	0,052	0,212
Frühling	0,130	0,123	0,030	0,178	0,078	0,173	0,061	0,228
Sommer	0,131	0:123	0,035	0,150	0,068	0,157	0,064	0,273
Herbst	0,109	0,082	0,024	0,132	0,110	0,243	0,056	0,243

Und hieraus ergiebt sich

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich.	Nördlich zu Südlich
Winter	S 56° W	0,048	1:1,16	1:1,09
Frühling	N 63 W	0,114	1:1,40	1:0,89
Sommer	N 48 W	0,188	1:1,51	1:0,71
Herbst	S 81 W	0,227	1:2,25	1:1,12

Also auch in Moscau ist die Richtung der Luftströmung im Winter weit südlicher als im Sommer, nur scheint es, daß die östlichen Winde hier bereits in der kältesten Jahreszeit das Uebergewicht haben.

Auffallend ist an allen Orten die stark aus Süden kommende Strömung im Herbste, welche besonders im October am meisten nach Süden gegangen ist. Wir dürfen wohl schwerlich annehmen, daß es bloß der SW-Passat sey, welcher diese Richtung bedinge. Ich glaube vielmehr, daß ein Austausch der Luftmasse zwischen der nördlichen und südlichen Halbkugel hiebei eine wichtige Rolle spiele. Wir werden in der Folge, wo wir den Stand des Barometers in verschiedenen Jahreszeiten betrachten, einen ungleichen Luftdruck im Winter und im Sommer finden. In der Nähe des Aequators tritt dieser Umstand weit deutlicher hervor, als in höheren Breiten, obgleich er auch hier nicht zu verkennen ist. Der Luftdruck ist im Sommer kleiner als im Winter, und dieses macht auch schon eine einfache Betrachtung wahrscheinlich. Wenn die Wärme der Luft in der nördlichen Halbkugel ihr Maximum erreicht, so wird die Atmosphäre hier eine größere Höhe haben, als in der südlichen Halbkugel, wo in dieser Zeit das

Minimum der Temperatur Statt findet. Es wird daher nothwendig ein Theil der Luftmasse aus der nördlichen Halbkugel in die südliche abfließen. Wenn aber zur Zeit des Herbst-Aequinoctiums die Wärme der nördlichen Halbkugel sinkt, die der südlichen steigt, dann wird die Luft nach Norden zurückkehren und die Luftströmung südlich werden. Vielleicht trägt dieser Austausch der Luft zwischen beiden Halbkugeln mit dazu bei, daß die Luftströmung im Sommer und Frühlinge nach Norden geht.

Stellen wir jetzt nochmals die in verschiedenen Gegenden beobachteten Windverhältnisse zusammen, so haben wir

	Richtung	Stärke
England	S 66° W	0,198
Frankreich und Holland	S 88 W	0,133
Deutschland	S 76 W	0,177
Dänemark	S 62 W	0,170
Schweden [51])	S 77 W	0,228
Oestliches Europa	N 87 W	0,167
Nördlicher Theil der Vereinigten Staaten	S 86 W	0,182

Hiernach herrschen also allenthalben in der nördlichen Halbkugel westliche Winde vor, und nur Finnland und Italien machen davon in so fern eine Ausnahme, als in jener Gegend die Richtung vielleicht wegen des bottnischen Meerbusens mehr südlich, hier aber durch die von den Alpen herabstürzenden Winde mehr nördlich ist. Ob aber die mittlere Luftströmung sich beim Uebergange von den Westküsten Europas ins Innere des Continentes ändere, läßt sich jetzt noch nicht genügend entscheiden. Dove [52]) behauptet, daß die Luftströmung desto nördlicher würde, je tiefer wir ins europäische Continent gingen; und schon früher hatte Schouw [53]) angenommen, daß die westlichen Winde immer nördlicher würden, je weiter wir uns von den Küsten des atlantischen Meeres entfernten. Beide stützen sich dabei auf zweijährige Beobachtun-

51) Ich habe nur die Verhältnisse von Stockholm genommen.

52) Poggendorff's Annalen XIII, 585.

53) Schouw Klimatologie I, 53.

gen in Moscau, während siebenjährige, von mir benutzte, andere Verhältnisse zeigen. Die obige Tafel zeigt allerdings, daß in England die Luftströmung weit südlicher sey, als in Rußland und Ungarn; aber wir haben bereits oben gesehen, daß sich die Orte an der irländischen See durch südliche Winde auszeichnen, während die Luftströmung im Innern von England fast rein westlich ist. Stellen wir aber Holland und Frankreich mit Rußland zusammen, dann stimmt die Luftströmung in beiden Ländern vollkommen überein, da der nur fünf Grad betragende Unterschied in den Richtungen bei Untersuchungen dieser Art völlig zu übersehen ist. Und ganz eben so ist die Richtung in America wenigstens an der Ostküste des Continentes.

Indessen ist diese mittlere Luftströmung etwas blos durch Abstraction Gefundenes; wir sehen allerdings bei Vergleichung der obigen Tafeln, daß die Winde vorzugsweise aus SW oder W kommen, dann nimmt die Zahl der Winde aus verschiedenen Richtungen auf beiden Seiten der Luftströmung wieder ab und erreicht an den meisten Orten ein zweites Maximum in NO, seltener in N oder O, wie dieses zuerst Dove bemerkt hat [54]). Hiernach müssen wir also zwei vorherrschende Winde in der nördlichen Halbkugel annehmen, welche ich der Kürze halber mit SW und NO bezeichnen will, doch hat ersterer über den letzteren ein bedeutendes Uebergewicht. Wie dieses Verhalten beschaffen sey, zeigt folgende Tafel, in welcher ich neben der Richtung eines jeden der beiden vorherrschenden Winde die Zahl angebe, wie oft jeder derselben geweht hat. Das Uebergewicht der vorherrschenden SW Winde befindet sich in der letzten Verticalspalte:

Ort	SW		NO		Unterschied
Penzance	SW	0,149	NO	0,120	0,047
Gosport	W	0,210	O	0,140	0,070
London	SW	0,254	NO	0,147	0,107
Cork	W	0,220	O	0,140	0,080
Manchester [55])	SW	0,390	NO	0,100	0,290

54) Poggendorff's Annalen XV, 66.

55) Hier scheint eher NW mit der Stärke 0,120 der stärkere Wind der nördlichen Halbkugel zu seyn.

Ort	SW		NO		Unterschied
New-Malton	S	0,220	N und NO	0,150	0,070
Lancaster	SW	0,260	NO und O	0,100	0,160
Kendal	SW	0,380	NO	0,220	0,160
Keswick	W	0,240	O	0,150	0,090
Clunie Manse	W	0,220	O	0,140	0,080
la Rochelle	SW	0,274	NO	0,270	0,004
Denainvilliers	SW	0,311	NO	0,193	0,018
Paris	W	0,190	N	0,127	0,063
Montmorenci	SW	0,161	N	0,181	—0,020
Toulouse	W	0,260	SO	0,244	0,016
Utrecht	W	0,211	O	0,145	0,066
Amsterdam	SW	0,220	O	0,150	0,070
Boringen [56])	W	0,162	O	0,117	0,045
Stuttgardt	SW	0,276	O	0,271	0,005
Carlsruhe	SW	0,395	NO	0,250	0,145
Mannheim	SW	0,160	NO	0,124	0,036
München	W	0,318	O	0,179	0,139
Andex	W	0,325	O	0,150	0,175
Tegernsee	NW	0,243	SO	0,178	0,065
Peißenberg	W	0,233	O	0,129	0,104
Regensburg	NW	0,210	SO	0,150	0,060
Würzburg	W	0,214	O (?)	0,096	0,119
Prag [57])	SW	0,244	. . . . .	. . . . .	. . . .
Erfurt	W	0,262	O	0,184	0,078
Göttingen	S	0,170	N	0,100	0,070
Halle [58])	W	0,252	O	0,082	0,170
Sagan	SW	0,246	NO	0,122	0,124
Berlin	W	0,214	O	0,128	0,086
Hamburg	W	0,240	O	0,120	0,120

56) Das stärkere N mit 0,128 liegt noch im Uebergange zum Minimum.

57) Das Maximum auf der östlichen Seite der Windrose ist nicht zu erkennen.

58) Vielleicht ist N mit 0,177 das Maximum auf der östlichen Seite der Windrose.

Ort	SW		NO		Unterschied
Cuxhaven	SW	0,200	O	0,130	0,070
Lüneburg [59])	W	0,270	. . . .		. . . .
Copenhagen	W	0,186	O	0,118	0,068
Christiansöe	W	0,200	SO	0,120	0,080
Skagen	SW	0,220	N u. NO	0,120	0,100
Apenrade	W	0,180	O	0,170	0,010
Hofmannsgave [60])	SW	0,200	. . . .		. . . .
Viborg	SW	0,300	SO	0,160	0,140
Stevn's Leuchtthurm	SW u. NW	0,180	SO	0,150	0,030
Söndmör	W	0,300	N	0,150	0,150
Stockholm [61])	W	0,190	. . . .		. . . .
Upsala	SW	0,261	NO	0,113	0,148
Werjö [62])	SW	0,217	. . . .		. . . .
Abo	SW	0,187	NO	0,147	0,040
Lajhela	S	0,184	N	0,154	0,030
Uhleaborg	S	0,203	N	0,150	0,053
Petersburg	W	0,180	O	0,130	0,050
Moscau	NW	0,238	SO	0,165	0,073
Wilna	W	0,254	SO	0,186	0,068
Ofen [63])	NW	0,263	. . . .		. . . .

Diese Punkte zeigen fast alle auf eine entschiedene Art, daß wir in Europa zwei Winde als vorherrschend annehmen müssen, nämlich SW und NO, und eben dieses gilt auch von dem nördlichen Theile der Vereinigten Staaten. Von diesen ist der SW weiter nichts als der herabsinkende Passat; der NO Wind aber ist derselbe Wind, welchen Forster allgemein als in höheren Breiten

59) Minimum auf der Ostseite fehlt.

60) Maximum auf der Ostseite fehlt.

61) Maximum auf der Ostseite fehlt, vielleicht N mit 0,130.

62) Das zweite Maximum fehlt.

63) Das zweite Maximum fehlt, vielleicht ist es NO mit 0,098.

vorherrschend ansieht [64]). Wenn nämlich dieser SW Wind nicht vorhanden wäre, so würden sich in höheren Breiten wegen der Temperaturunterschiede eben so NO Winde vorzugsweise zeigen, als in der Nähe des Aequators. Nothwendig aber muß zwischen diesen Winden ein beständiger Kampf seyn, bald wird der eine, bald der andere dieser Winde das Uebergewicht haben, oder es werden Winde entstehen, die durch Zusammensetzung beider Richtungen gebildet werden.

Nehmen wir an, daß in einer Gegend der SW Wind, in einer andern der NO Wind vorherrsche, so ergeben sich daraus mehrere Zwischenrichtungen, wie Dove [65]) dieses auf eine eben so einfache als sinnreiche Art gezeigt hat. Stellen wir uns vor, daß zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung neben einander fortfließen (Fig. 11.), so werden sie da, wo sie sich berühren, einander hemmen und nothwendig Wirbel erzeugen. Bezeichnen wir den südwestlichen Strom mit a, den nordöstlichen mit b und berühren sich beide in der Trennungslinie cd, so werden hier nothwendig Wirbel entstehen, welche sich fast bis zur Mitte beider Ströme erstrecken; die Windrichtungen, welche durch die Pfeile bezeichnet werden; sind dann

von der Mitte des südwestlichen Stromes SW, W, NW
von der Mitte des nordöstlichen Stromes NO, O, SO.

Gehen wir über die Mitte des nordöstlichen Stromes nach Osten, so würden, wenn sich jenseits des Stromes b ein neuer südöstlicher Strom e befände, die Wirbel von der Mitte des Stromes b bis zur Gränze von e geschehen in dem Sinne NW, N, NO, von der Gränze beider Ströme bis zur Mitte von e in der Richtung SW, S, SO. Nun glaubt Dove, daß über die beiden Continente der alten und neuen Welt auf der nördlichen Halb-

64) S. oben S. 209. Die eben gegebene Tafel beweist die Existenz dieser beiden Ströme weit entschiedener, als die mittlere Richtung der Luftströmung, wie dieses Dove früher vermuthete, obgleich er in der Folge auch auf diesen Umstand aufmerksam macht. Die von Lambert angestellte Vergleichung zwischen der Windrichtung zu Padua und Berlin, auf welche sich Dove anfänglich stützte, beweist für Padua wegen der Nähe der Alpen gar nichts.

65) Poggendorff's Annalen XIII, 586.

kugel zwei nördliche Ströme gehen, über die zwischenliegenden Oceane zwei südliche; bezeichnen wir dann die beiden südwestlichen mit a und e, die beiden nordöstlichen mit b und f, dann ist die Drehung des Windes von der Mitte von a bis zu der von b und von e bis f in der Richtung

S, W, N, O, S

von der Mitte von b bis zu der von e und von f bis a in der Richtung

S, O, N, W, S.

Bis jetzt ist freilich die Existenz vorherrschender nördlicher Ströme im Innern der Continente noch durch keine Erfahrung erwiesen, jedoch verstattet das vorher Gesagte die Annahme, daß in der nördlichen Halbkugel in einer Gegend der SW, in einer andern östlich oder westlich liegenden der NO Wind herrsche; Temperaturdifferenzen, welche zum Theil durch Hydrometeore bedingt werden, sind Ursache, daß in einer Gegend der Halbkugel der SW, in einer andern der NO vorherrscht, und so kann ein mehrfacher Wechsel dieser Ströme in derselben Halbkugel angetroffen werden, ohne daß wir nöthig haben, zwei bestimmte Ströme jeder Art anzunehmen.

Wenn die Gränze, welche beide Ströme, den SW und NO trennt, allmählig weiter nach Osten oder Westen rückt, so wird sich die Windrichtung an demselben Orte allmählig ändern. In höheren Breiten, wo auf dem atlantischen Meere der herabsinkende SW-Passat weniger durch die Unebenheiten des Bodens aufgehalten wird, weht dieser westlich von dem Beobachter, während östlich von demselben der NO Wind weht. Rückt die Gränze dieser Winde allmählig nach Westen, und befand sich der Beobachter anfänglich in der Mitte des südwestlichen Stromes, so wird der Wind allmählig von SW nach W, NW und N gehen, bis der Beobachter sich in der Mitte des NO Stromes befindet. Aber allmählig tritt der SW Strom in den höheren Regionen der Atmosphäre ein, es entstehen Wirbel, Wolken kommen namentlich aus W und SW, während die Windfahne unten noch NO, häufiger O angiebt. Indem dieser SW Wind sich immer tiefer senkt und den NO Wind zurückdrängt, geht der Wind allmählig nach S, bis endlich der S Wind das Ueberge-

wicht erhält. Begreiflich aber ist es, daß bei diesen Uebergängen der Wind viele Sprünge machen und in kurzer Zeit aus verschiedenen Richtungen wehen wird, zumal wenn beide Winde eine bedeutende Stärke haben. Es kann dann geschehen, daß der Wind sich nicht dem gewöhnlichen Gesetze zufolge allmählig durch W nach N bewegt, sondern öfter zurückspringt. Die an dem Uebergange der Ströme entstehenden Wirbel müssen nämlich nothwendig zugleich in der Richtung des Stromes fortrücken und können daher nur selten vollständig an einem Orte beobachtet werden. Das Fortfließen des Wirbels und die Aufeinanderfolge neuer wird sich also darstellen als ein Zurückspringen des Windes, desto häufiger, je größer die Geschwindigkeit desselben ist [66]).

Nach dem Gesagten wird also der Wind in Europa sich vorzugsweise in der gedachten Richtung von S durch W nach N drehen; da nun der vom Meere kommende SW Wind feucht, der NO aber trocken ist, so folgt hieraus, daß nach dem Vorherrschen des einen oder des andern dieser Ströme der Charakter der Witterung verschieden seyn wird. Sobald die Drehung regelmäßig erfolgt, so darf man nach nassen Westwinden in der Regel auf trockenes Wetter rechnen. Es ist namentlich bei Schiffern ein ziemlich verbreiteter Glaube, daß nach Stürmen ruhiges Wetter folge, sobald die Drehung in der gedachten Richtung erfolgt. Auch auf dem Festlande zeigt sich dieselbe Bewegung, wie dieses Dove [67]) beobachtete, und dasselbe Phänomen bemerkte Poitevin in Montpellier [68]); eben so hält Forster eine entgegengesetzte Aenderung für ungewöhnlich [69]) und le Gentil erwähnt, daß in der nördlichen Halbkugel die oben gegebene Bewegung die gewöhnliche sey [70]). Im Innern der Vereinigten Staaten scheint sich ein ähnliches Verhalten zu zeigen. Im Staate Missouri durchläuft der Wind in steten Wiederholungen innerhalb zehn bis zwanzig Tagen alle Striche des Horizontes, und

66) Dove in Poggendorff's Annalen XIII, 593
67) Poggendorff's Annalen XV, 53.
68) Poitevin climat de Montpellier p. 53 bei Dove l. l. p. 55.
69) Forster Bemerkungen S. 111.
70) le Gentil Voyage II, 701.

und zwar immer in der Folge, daß er von O durch S nach W und durch N nach O geht. Duden[71]), welcher diese Bemerkung mittheilt, fügt hinzu, er habe nie einen durchgehenden entgegengesetzten Lauf bemerkt. Wenn der Wind sich auch zuweilen von Süden nach Osten oder von Osten nach Norden zurückwendete, so war es doch nur für eine kurze Zeit, von etwa 12 bis 24 Stunden, und, ohne durch alle Striche hindurch gewesen zu seyn, kehrte er zu der bezeichneten Ordnung zurück. Die Abweichungen bestanden nur darin, daß der Wind in den einzelnen Strichen länger verweilte als gewöhnlich und dadurch den Kreislauf verzögerte. Indeß geschah dieses selten und meist nur zur Sommerszeit in den westlichen Staaten.

Um aber zu bestimmen, wie oft sich der Wind mit oder gegen die Regel drehe, wird erfordert, daß die Windrichtungen häufiger und sorgfältiger aufgezeichnet werden, als dieses bisher geschehen ist. Schouw hat zur Prüfung dieser Regel einjährige zehn Mal während des Tages angestellte Beobachtungen von Neuber zu Apenrade benutzt; von 1100 Veränderungen des Windes erfolgten 559 nach dieser Regel, 457 in der entgegengesetzten Drehung, und 84 Mal schien der Wind die entgegengesetzte Richtung plötzlich angenommen zu haben[72]). Hier ist freilich der Unterschied beider Bewegungen nicht sehr bedeutend; wir müssen jedoch dabei erwägen, daß die allgemeinen Windverhältnisse in Apenrade nach dem Obigen etwas von denen im übrigen Europa abweichen.

Da aber diese ganze Ansicht voraussetzt, daß mehrere solcher entgegengesetzten Ströme vorhanden seyen, so werden gleichzeitige Beobachtungen der Winde nicht bloß im westlichen Europa, sondern auch in America und im nördlichen Asien wünschenswerth. Schouw, welcher der Dove'schen Hypothese nicht beitritt, glaubt diese Drehung auf eine andere Art erklären zu können. Indem er nämlich die Beobachtungen Neuber's zum Grunde legt, so findet er ausgehend

	nach	gegen die Regel
von O, der Wind drehe sich	97 Mal nach und	77 Mal gegen die Regel
... S	111	70 . . . .
... W	152	133 . . . .
... N	56	59 . . . .

71) Duden Reise nach den westlichen Staaten Nordamericas S. 200.

72) Poggendorff's Annalen XIV, 546.

In dieser Zeit wehte

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0,06	0,06	0,12	0,12	0,12	0,13	0,21	0,17

Betrachten wir nun [73]) die Windverhältnisse des ganzen Jahres in dieser Tafel genauer, so ist klar, daß die Drehung des Windes häufiger nach der Seite erfolgte, von welcher der Wind am häufigsten wehte. War also der Wind in O, so mußte die Drehung nach Süden häufiger erfolgen, als die nach Norden, weil die südlichen Winde häufiger eintraten, als die nördlichen (SO+S=0,24, NO+N=0,12); war der Wind in S, so war die westliche Drehung häufiger, als die östliche, weil die westlichen Winde häufiger wehten, als die östlichen (SW+W =0,34, SO+O=0,24), und etwas Aehnliches gilt von den übrigen Punkten, weshalb der Nordwind häufiger nach W, als in entgegengesetzter Richtung geht.

Es würde mich hier zu weit führen, sollte ich noch mehrere Folgerungen aus dem Gesagten mittheilen, ich verweise daher auf die genannten Abhandlungen von Dove und von Schouw. Wenn auch das Princip des Ersteren, daß nämlich zugleich vier Ströme neben einander existiren, bisher noch nicht durch directe Beobachtungen erwiesen ist, so wird es wenigstens dadurch wahrscheinlich, daß die beiden Winde NO und SW die häufigsten in Europa sind. Auf manche Folgerungen aus dieser Hypothese werden wir in der Folge zurückkommen; wir wollen gegenwärtig noch einige der Eigenschaften der Winde näher betrachten.

Es ist begreiflich, daß die Luft aus verschiedenen Gegenden nicht dieselben Eigenschaften hat. Winde, welche bei uns aus Westen, also vom atlantischen Meere kommen, sind weit feuchter, als die vom trockenen Continente kommenden östlichen Winde. Luftmassen, welche von beschneieten Gebirgen herabkommen, werden nothwendig die Temperatur deprimiren, während das Thermometer bei den von stark erhitzten Flächen kommenden Winden steigt. Wenn daher auf sandigen, vegetationsleeren Ebenen Winde wehen, so werden diese einen bedeutenden Wärmegrad haben. Das Gefühl, welches diese Winde erzeugen, ist nach

73) Schouw l. l. S. 549.

den Bemerkungen des Dr. Oudney sehr ungleich, je nachdem man schwitzt oder trocken ist; im ersteren Falle erzeugen sie eine angenehme Kühlung, im zweiten eine große Hitze [74]). Da jedoch auf den trockenen Wüsten das aus dem Körper als Schweiß abgesonderte Wasser sogleich verschwindet, nachdem es ausgeschieden wurde, so wird der Körper fast stets trocken seyn, der Mensch also eine größere oder geringere Hitze empfinden. Die Wüsten von Asien und Africa sind durch solche Winde berüchtigt; es würde die bloße Erwähnung derselben genügen, wofern von ihnen nicht mancherlei unrichtige Thatsachen erzählt würden, weshalb ich dieselben etwas ausführlicher betrachten will.

In Arabien, Persien und den meisten Gegenden des Orientes heißt dieser heiße Wind *Samum*, *Simum*, *Semum*, genauer *bahd-Samum*, giftiger Wind, von dem arabischen Samma, jemanden vergiften [75]), doch bedeutet dieses Zeitwort, nach einer Mittheilung des Herrn Dr. Schott hieselbst, auch heiß seyn. Zuweilen führt dieser Wind den Namen *Samiel*, welchen Volney von Chamyelé (französ. Aussprache) ableitet, weil dieser Wind den Türken aus dem Lande Cham (Syrien) zukommt [76]), während Chardin diesen Namen wohl richtiger von dem türkischen Yel (Wind) und dem arabischen auch von den Türken recipirten Worte San, Gift, ableitet, worin ihm auch Langlès (l. l.) beistimmt. In Aegypten führt dieser Wind den Namen *Chamsin* [77]), funfzig, weil er sich vorzugsweise während einer Zeit von 50 Tagen, besonders vom 29sten April bis zum 18ten Junius, zu zeigen pflegt [78]). Die funfzig Tage, in welchen dieser Wind wehen soll, werden nicht bei allen Reisenden genau gleich angegeben; man findet öfter erwähnt, daß er 25 Tage vor dem Frühlingsäquinoctium anfangen, 25 Tage nach diesem aufhören soll. Wahrscheinlich aber bezeichnet dieser Ausdruck zugleich die Jahreszeit, in welcher dieser Wind weht, und diese möchte wohl

74) Oudney in Denham Narrative p. LXI.

75) Langlès zu Chardin Voyages III, 286.

76) Volney Voyage I, 55.

77) Engländer und Franzosen, welche ch wie sch aussprechen, schreiben Khamseen und Khamsin.

78) Burckhardt Nubia p. 362. Belzoni Narrative p. 195.

mit der eben gegebenen Zeit zusammenfallen, indem alsdann die Wärme schnell zunimmt, der Nil noch fortsinkt, bis er endlich nach der Mitte des Junius zu steigen beginnt [79]), worauf neues Leben erwacht. Offenbar muß in dieser Zeit die Hitze der Vegetation am schädlichsten seyn, der Typhon der westlichen Wüste nach der altägyptischen Mythologie (denn Chamsin und Typhon möchten wohl identisch seyn [80]), auch waren westlich von den Haupttempeln die kleineren Typhonien [81])) erhält dann das Uebergewicht über die fruchtbringende Isis; voll gesättigt und mit dickem Bauche kämpft er gegen die auf der Lotusblume sitzende Isis, oder zerschneidet mit der Scheere die Aehren [82]). Da wir bei den jetzigen Copten noch viele Gebräuche der alten Aegypter finden, so ist es möglich, daß sich eine dunkle Vorstellung des alten Typhondienstes erhalten habe, und daß man auch jetzt die Jahreszeit, in welcher Typhon am mächtigsten war, durch die Zeit ihrer Dauer bezeichnet.

Da sich dieser Wind auch im westlichen Theile der Sahara wegen gleicher Beschaffenheit des Bodens zeigt, so ist es natürlich, daß ihm auch die Neger einen Namen in ihrer Sprache geben werden. Sie nennen ihn *Harmattan*, was nach Dobson [83]) eine Corruption aus Aherrahmantah ist. Dieser Ausdruck ist zusammengesetzt aus Aherraman, wehen, und tah, Talg, weil sich die Neger um die Zeit wo dieser Wind weht, die Körper mit Fett einreiben, damit ihre Haut nicht springe [83a]). Gewöhnlich werden Samum und Harmattan in den Lehrbüchern als verschiedene Phänomene angeführt, aber schon Golberry bemerkt mit Recht, daß beide völlig identisch seyen [84]),

79) Descr. de l'Egypte XX, 51.

80) Dénon Voyage 291.

81) Descr. de l'Egypte III, 298 und an andern Stellen.

82) Relief in Tentyra und Apollinopolis magna in Dénon's Atlas pl. 116. No. 3 und 6 in Hermonthis ib. pl. 120. No. 4 und an andern Orten.

83) Philos. Trans. 1781. p. 52.

83 a) Dobson l. l. und Greenhill bei Dampier Traité des Vents p. 50.

84) Golberry Fragmens I, 228.

und Mungo Park, welcher mehrere Monate zu Sibidulu auf der Mandingo-Terrasse, also bei Negern, verweilte, nennt diese Winde in der Negersprache geradezu Harmattan [85]).

Von den verschiedenen Benennungen dieses Windes ist Samum die gewöhnlichste; dieser Ausdruck kann sowohl heißen als giftigen Wind bedeuten, und diese Zweideutigkeit scheint europäische Reisende sowohl als Naturforscher zu manchen Irrthümern geführt zu haben [86]). Sie hielten sich dabei zu strenge an die Bedeutung Gift und suchten daher ein Phänomen zu erklären, welches entweder gar nicht, oder doch nicht in der Art existirt, wie die meisten Reisenden berichten. Es scheint mir daher zweckmäßig, bei diesem Phänomen einiges über das Local vorauszuschicken, in welchem es sich zeigt, und über die Quellen, aus denen unsere Nachrichten entnommen sind.

Diese Winde zeigen sich in den Wüsten in ihrer größten Stärke. Wenn sie auch in Ober-Aegypten öfter bemerkt werden, so ist das Nilthal so schmal, daß es auf die Erscheinungen der Atmosphäre nur einen geringen Einfluß hat, so daß der Wü-

85) Mungo Park travels p. 258.

86) Nach einer Mittheilung des Dr. Schott treffen wir in den meisten Dialecten des semitischen Sprachstammes eine Menge von Ausdrücken, welche zugleich giftig und heiß bedeuten. Ueberhaupt aber sind die Orientalen sehr freigebig mit dem Ausdrucke Gift, indem sie damit Alles bezeichnen, was ihnen auf irgend eine Art unangenehm ist. Unter vielen Beispielen, welche mir bekannt sind, will ich eins anführen, welches Malcolm (history of Persia I, 16 Anm.) erzählt, und welches das Gesagte ganz bestätigt. Der König Jemshed von Persien war ein großer Freund von Weintrauben; um sie länger zu erhalten, that er mehrere in ein Gefäß. Nach einiger Zeit wurde dieses geöffnet, die Trauben waren in Gährung übergegangen, der Saft schmeckte so sauer, daß der König ihn für Gift hielt. Er füllte damit mehrere Gefäße, schrieb auf jedes „Gift" und stellte sie in sein Zimmer. Eine seiner Frauen litt um diese Zeit sehr an Kopfschmerzen; aus Lebensüberdruß leerte sie den Inhalt eines dieser Gefäße aus. Inzwischen war der Saft in Wein übergegangen; sie schlief darnach ein und wachte sehr gestärkt auf. Sie wiederholte den Versuch so oft, bis alles Gift ausgetrunken war; der König, davon benachrichtigt, ließ nun eine große Menge Wein verfertigen, welchen er mit seinem Hofe trank, und noch jetzt heißt der Wein bei den Persern Zeher-e-khoosh (englische Aussprache) „das angenehme Gift."

sten=Charakter stets vorherrschend bleibt. In den Wüsten weiden an isolirten Brunnen einzelne Beduinenstämme, welche entweder sichere Führer der Caravanen sind, oder diese im Falle der Uebermacht berauben. Diese Beduinen, welche meistens nur eine kärgliche Existenz führen, suchen einen jeden ansässigen Bewohner der Nachbarschaft von einer Reise zu ihren Wohnplätzen abzuhalten, fürchtend, der Mangel an Lebensmitteln möchte dann größer werden, oder es möchte als Lüge erscheinen, daß die Zahl streitbarer Männer, aus denen ihr Stamm bestehen soll, so groß sey, als sie angeben [87]). Daher erzählen sie den Bewohnern des Landes so viel von den Gefahren der Wüste. Auf der andern Seite ist der Caravanenhandel in vielen Gegenden fast ausschließlich in den Händen gewisser Familien; diese wollen nur sich bereichern, suchen einen jeden von der Reise durch die Wüste abzuhalten, und mahlen daher die Bilder der Beduinen noch greller aus. Daß nicht blos Unterschied der Religion eine Ursache der Schwierigkeiten war, welche Hornemann, Denham und andere bei ihrer Reise durch die Wüste fanden, geht aus den Erzählungen von Burkhardt hervor. Obgleich er allgemein für einen Araber gehalten wurde, hatte er mit den größten Hindernissen zu kämpfen, als er von Assuan nach Schendy durch die nubische Wüste reiste; die Kaufleute wollten ihn zurücklassen, und nur dadurch rettete er sich vor dem Untergange, daß er das Zutrauen von den die Caravane führenden Beduinen gewann, welche sich seiner in der Folge bei jeder Gelegenheit annahmen. Daher dürfen wir uns nicht wundern, daß europäische Reisende, welche von fern nur den Horizont der Wüste sahen, uns nach den Berichten der Beduinen so vieles von den Gefahren dieser Reise und namentlich von den heißen Winden erzählen; sie berichteten nur getreu, was ihnen mitgetheilt war; aber so wie der knickernde Kaufmann, welcher jede Waare mit Schaden verkauft, nur dem Kenner die Größe seines Gewinnes mittheilt, so gestehen auch die Beduinen nur demjenigen, welcher die Wüste durch eigene Anschauung kennt, die Unwahrheit ihrer Erzählungen [88]). Und überhaupt scheint es eine allgemeine Sitte zu seyn, Reisende durch

87) E. Rüppell Reisen S. 201.

88) Burkhardt Nubia p. 204.

die Gefahren des Samums von der Fortsetzung ihres Weges abzuschrecken. Als Salt nach Habesch wollte, suchte ihn der Nayib von Arkeko auf jede Weise von der Reise abzuhalten; als aber alle Bemühungen vergeblich waren, sagte er endlich, der Weg sey außerordentlich schlecht, es wütheten die Samums und täglich stürzten viele Menschen [89]). Erzählen aber schon die Beduinen und Kaufleute ihren eigenen Stamm- und Glaubensgenossen viele Unwahrheiten, so machen sie sich noch weniger ein Gewissen daraus, dasselbe bei Europäern zu thun. Gewöhnlich führen diese ein Tagebuch, aber stets ist dieses den Beduinen unangenehm. Burckhardt, welcher seine Bemerkungen heimlich aufschrieb, entging nur dadurch Beleidungen, daß er den Beduinen, welche ihn bei dieser Arbeit überraschten, erzählte, er schreibe Gebete für den glücklichen Fortgang der Reise auf. Fragen also Europäer nach den Eigenthümlichkeiten des Landes, so antworten die Araber entweder nur ungern, oder sie sagen Unwahrheiten.

Fast alle Nachrichten von Augenzeugen stimmen darin überein, daß zur Zeit des Samums sehr viel Sand und Staub in der Atmosphäre schwebe und diese dadurch verdunkelt werde. Dieses ist eben so der Fall in der nubischen Wüste [90]), als in Aegypten [91]) und bei Tor am rothen Meere [92]), an der Küste von Guinea [93]) und am Senegal [94]). Daß in einer Sandwüste bei jedem Winde sehr viel Sand und Staub in die Höhe gehoben wird, bedarf wohl kaum eines Beweises. Das Vorrücken der Sahara gegen das Nilthal, die Verkleinerung der Oasen, das seit 2000 Jahren erfolgte Verschwinden mehrerer Flüsse am Südabhange des Atlas, das Zurückdrängen des Senegal nach

89) Valentia Reise II, 362.

90) Bruce Reisen IV, 558.

91) Dénon Voyage p. 179. Belzoni Narrative p. 195.

92) Rüppell Reisen S. 185.

93) Dobson in Philos. Trans. 1781. p. 48. Dobson untersuchte den auf den Blättern bei diesem nebeligen Ansehen der Luft gebildeten Niederschlag; weder Säuren noch Alkalien wirkten darauf; er schloß daraus, daß es keine Insecten seyen. Jedenfalls ist es feiner Quarzsand gewesen.

94) Schotte bei Winterbottom Nachrichten S. 58.

Süden, die jährlich etwa 15 Fuß betragende Ausbreitung der Sahara ins atlantische Meer und die gewaltige Untiefe in dieser Gegend, die Verschüttung von Palmyra, sind eben so bekannte Thatsachen, als das Niedersinken von Sand auf Schiffen, welche in bedeutender Entfernung von Africa über das atlantische Meer fuhren [95]). Wenn aber bei windstillem Wetter und dem stets heitern Himmel der Boden von der fast vertical stehenden Sonne stark erhitzt wird, so reißen die aufsteigenden Luftströme feine Sand- und Staubtheile mechanisch mit sich in die Höhe, welche durch ihr starkes Wärmestrahlungsvermögen den umgebenden Luftschichten eine hohe Temperatur mittheilen. Ein interessantes Phänomen dieser Art bemerkte Pottinger in der Wüste Belludschistan. Die Oberfläche derselben besteht aus einem feinen, von Eisentheilen rothgefärbten Sande, welcher ein Spiel der Winde, wellenförmig zu Hügeln von 10 bis 20 Fuß Höhe angehäuft ist. Um Mittag schienen alle diese Wellen verschwunden, der Sand war etwa einen Fuß hoch über das allgemeine Niveau gehoben, und man schien bei jedem Schritte auf eine Ebene zu steigen, die etwa einen Fuß über der Spitze dieser Sandhügel lag. Das unangenehme Gefühl, welches durch diesen brennenden Sand in Nase und Augen erzeugt wurde, beweist, daß sehr viele Sandtheile noch höher stiegen. Bei vollkommener Windstille war dieses Phänomen am Morgen und Abend selten [96]).

Wenn schon bei windstillem Wetter sehr viel Staub in die Höhe gehoben wird, so muß dieses noch mehr der Fall seyn, sobald die Atmosphäre bewegt wird. Naht sich daher ein solcher Windstoß, so erscheint der Horizont schon vor seiner Ankunft dunkel, und dieses ist der sicherste Vorbote des Samums. Ist er endlich angekommen, so ist der heitere Himmel verschwunden, die Sonne hat ihren Glanz verloren, blasser als der Mond wirft sie keinen Schatten mehr, das Grün der Bäume erscheint als schmutziges Blau, die Vögel werden unruhig, die Thiere auf dem Felde irren rastlos umher [97]). Wenn man durch ein Glas von hellgelber Farbe sieht, so kann man sich einen ungefähren Begriff

95) Ann. de Chimie XXX, 430.

96) Pottinger bei Malcolm history of Persia II, 512 Anm.

97) Dénon Voyage p. 179.

von dem Ansehen der Landschaft zu dieser Zeit machen [98]). Diese Phänomene, welche zum Theil mit denjenigen übereinstimmen, die sich in unseren Gegenden bei Gewitterstürmen zeigen, mögen nicht immer so auffallend hervortreten, als bei dem Chamsin, welchen Dénon in Aegypten erlebte, aber es hat eben dieser das Eigenthümliche, daß es ein eigentlicher Gewittersturm war; denn während der Samum am Ufer des Nils wüthete, hatte es im Mokattam so stark geregnet, daß das Wasser in den Thälern eine bedeutende Höhe erreichte. Und eben so scheinen die heißen Winde bei Tor ihren Grund in heftigen Gewittern zu haben, die sich am Sinai entladen [99]).

Bei dem erwähnten Chamsin gedenkt Dénon eines Umstandes, welcher auf den ersten Anblick überraschend ist und wohl öfter als Merkwürdigkeit angeführt ist. Um sich vor der Hitze zu retten, hielt er es mit seinem Begleiter für das Zweckmäßigste sich im Nile zu baden; kaum waren sie aber ins Wasser getreten, so wurde dieses unruhig, es schien aus seinen Ufern treten zu wollen, der Boden schwankte unter ihren Füßen, sie eilten zurück ans Land, wurden in kurzer Zeit mit einer schwarzen Rinde bedeckt, welche ihnen nicht gestattete ihre Kleider anzuziehen; herumtappend eilten sie in ihre Wohnung zurück, indem sie sich an die Mauern hielten, um ihren Weg zu finden. Einfach lassen sich diese Erscheinungen erklären. Bei lebhaftem Winde wird jedes Wasser bewegt, und wer sich je bei hohem Wellenschlage gebadet hat, wird wissen, daß der Boden zu schwanken scheint; der schwarze Ueberzug bestand aus Staubtheilchen, welche auf der feuchten Haut festklebten, und der unangenehme Reiz der Sandtheilchen in den Augen schreckt wohl jeden ab, diese zu öffnen [100]).

98) Burckhardt Nubia p. 205.

99) Rüppell Reisen S. 185.

100) Vgl. Belzoni Narrative p. 195. Schon le Gentil, welcher die große Hitze der Landwinde in Pondichery erwähnt, macht dieselbe Bemerkung: joignez à cela, que le sable, que le vent chasse contre le visage, aveugle et brûle en même temps. Voyage I, 478. Vgl. Dampier Traité des Vents p. 48.

Daß der Horizont bei diesem Winde sein heiteres Ansehen verliere, darin stimmen alle Augenzeugen überein; jedoch bemerken einige, es erscheine derselbe blau oder violett [1]), während andere denselben gelb nennen [2]). Der Stand der Sonne und noch mehr die Beschaffenheit des Bodens haben hierauf den größten Einfluß [3]). Bei dem von Dénon beobachteten Phänomene kam der Sand aus der libyschen Wüste, bestand also wahrscheinlich aus einer gelblichen Quarzmasse [4]), während der Boden in der Gegend, wo Bruce vom Samum getroffen wurde, aus blauen Steinen von feinem Korne, isabellfarbenem Marmor und grauem Granit bestand [5]).

Bei dem heitern Himmel und dem hohen Stande der Sonne muß die Luft über diesen Wüsten sehr stark erhitzt werden; diese Hitze wird noch empfindlicher und unangenehmer, wenn die Luft in Bewegung ist. Als Mungo Park während seiner Gefangenschaft im Lager der Mauren zu Benowm am Südrande der Sahara lag, war die Hitze bei den aus der Wüste kommenden Winden oft so groß, daß es ihm unmöglich war, seine Hand an die Spalten der Hütte, durch welche der Wind wehte, zu halten [6]). Diese Hitze ist besonders dann drückend, wenn der Sand säulenförmig in die Höhe steigt, theils weil diese Bewegung eine größere Erwärmung des Bodens voraussetzt, theils weil die heißen Luftschichten mehr in die Höhe geführt werden. So stand bei einem heftigen Chamsin, welchen Burckhardt zu Esne in Ober-Aegypten beobachtete, das Thermometer auf 47°, 4 [7]) (121° F.) und eben dieses bestätigen auch andere Reisende.

Offenbar muß die Sandwüste im hohen Grade trocken seyn; wäre dieses nicht der Fall, so würde es häufiger regnen und die Ebene sich in eine weit ausgedehnte Steppe, wie am Mississippi,

---

1) Bruce Reise IV, 562 u. 584.
2) Dénon l. l.
3) Burckhardt Nubia p. 205.
4) Vgl. die schöne Abbildung bei Denham Narrative.
5) Bruce Reisen IV, 566. 590.
6) Mungo Park Travels p. 135.
7) Burkhardt Nubia p. 205.

verwandeln [8]). Als Burckhardt die nubische Wüste Berber erreichte, so gab sich in einer Entfernung von zwei Stunden die Annäherung an den Nil schon durch die größere Feuchtigkeit der Luft zu erkennen; die Araber riefen: „Gott sey gelobet, wir schmecken schon wider den Nil" (we smell again the Nile) [9]). Befindet sich die Atmosphäre im Zustande der Ruhe, so wird diese große Trockenheit weniger auffallen, jeder feuchte Körper ist von einer Dampfatmosphäre umgeben, welche sich nur langsam verbreitet, so daß eine dünne Luftschicht um denselben fast gesättigt ist, die Verdunstung des Wassers nur langsam erfolgt; wenn dagegen die Atmosphäre bewegt wird, so zeigt sich der Einfluß dieser feuchten Luft auf trockene Körper weit auffallender. Schon Dampier und später Dobson machten hierauf aufmerksam [10]). Während des Harmattans sprang das Holz der Schiffe an der Guineaküste häufig, zerfließende Salze trockneten selbst in der Nacht, und unter übrigens gleichen Umständen verdunstete während dieses Windes noch einmal so viel Wasser, als vor und nach demselben. Eben diese Trockenheit des Windes ist nach den Hygrometerbeobachtungen von Sabine auf dem Meere und in bedeutender Entfernung von der Küste wahrzunehmen [11]). Und in der schnellen, durch diese Trockenheit bedingten, Verdunstung des Wassers liegt auch wohl die schädlichste Wirkung dieses Windes. Der Schweiß verschwindet schnell von der Oberfläche

---

8) Coutelle hat in Cairo neben dem Barometer und Thermometer auch ein Hygrometer beobachtet (Descr. de l'Egypte XIX, 451). Diese Beobachtungen könnten uns in den Stand setzen, den hygrometrischen Zustand der Atmosphäre in jenen Gegenden beiläufig zu bestimmen; leider aber sind diese Aufzeichnungen unbrauchbar, da nicht einmal angegeben ist, welches Hygrometer der Verfasser beobachtete.

9) Burckhardt Nubia p. 207.

10) Dampier Traité des Vents p. 49. Philosoph. Trans. for 1781. p. 48. Vgl. Winterbottom Nachrichten S. 58.

11) Daniell Essays p. 122 u. 317. Schweigger Jahrbuch N. R. XXI, 386.

12) le Gentil bemerkt dasselbe von dem heißen Landwinde in Pondichery; so wie sich aber der Seewind erhebt und das Thermometer sinkt, beginnt die Transpiration aufs Neue. le Gentil Voyage I, 479. Vgl. Dampier Traité des Vents p. 48.

des Körpers [12]), der Gaumen wird trocken, die Respiration schwierig, man sieht sich genöthigt öfter zu trinken. Aber auch das in den porösen ledernen Schläuchen enthaltene Wasser theilt dasselbe Schicksal, in kurzer Zeit wird sein Volumen bedeutend vermindert. Als Burckhardt im Junius 1815 von Tor nach Suez ritt, so war an einem Vormittage, während dessen der Chamsin wehte, $\frac{1}{3}$ von dem Inhalte seines Schlauches verdunstet; eben derselbe erlebte im Mai auf dem Wege von Schendy nach Suakim einen sehr heftigen Samum, und am Mittage war das Wasser aus den meisten Schläuchen verschwunden [13]).

Wenn daher je Reisende durch den Samum umgekommen sind, so waren nicht schädliche Beimischungen dieses Windes, sondern Wassermangel die Ursache ihres Todes [14]). Es wird zwar häufig erzählt, das Menschen unmittelbar durch den Samum getödtet seyen, aber diese Nachrichten haben wir von Europäern erhalten, welche es selbst nur gehört hatten. Burckhardt leugnet diese Thatsache geradezu. Als er durch die nubische Wüste reiste, fragte er seine Begleiter, ob sie je den Samum erlebt hätten; alle bejahten es, keiner aber kannte ein Beispiel, wo er tödtlich gewesen wäre. „Ich bin, fährt B. fort, in den syrischen und arabischen Wüsten, in Ober-Aegypten und Nubien zu verschiedenen Zeiten von heißen Winden getroffen; der heißeste und heftigste, welchen ich kennen lernte, war in Suakim, aber auch hier fühlte ich keine besondere Beschwerde von demselben, obgleich

13) Burckhardt Nubia p. 366. Volney Voyage I, 57.

14) Dieser Wassermangel ist auch wohl Ursache, daß so häufig Caravanen in der Wüste umkommen. Seit dem Zuge, welchen Cambyses zu den Ammoniern machte, ist die Zahl solcher Fälle häufig, und man nimmt gewöhnlich an, daß die Reisenden durch Sand verschüttet seyen, aber Rüppell (Reisen S. 271) und andere Reisende bezweifeln die Möglichkeit einer solchen eigentlichen Verschüttung. Cambyses, welcher die Heiligthümer verwüstete, war den Aegyptern und wahrscheinlich den Beduinen umher verhaßt; zog sein Heer aus der Thebaide über die vielleicht damals noch zusammenhängende große und kleine Oase (in deren Nähe Belzoni große Haufen Menschenknochen fand) nach dem Ammonium, so mochten die Führer vielleicht den Zug stets von den Quellen abwärts leiten, wodurch dieser offenbar vor Durst umkommen mußte. Vgl. Burckhardt Nubia p. 200.

ich auf der offenen Ebene seiner ganzen Wuth ausgesetzt war" [15]). Auch Ker Porter hörte von einem Araber (westlich vom Euphrat), daß der Wind nicht schädlich sey; selbst während er am heftigsten weht, werden die Heerden wie gewöhnlich zum Tränken geführt. Die Hirten beschmieren dann ihre Körper dick mit Schlamm, wodurch die schädlichen Wirkungen des Windes (offenbar wegen verminderter Ausdünstung) vermindert werden [16]). Eben diese Sitte, welche schon ältere arabische Geographen erwähnen, wird auch in Persien häufig angetroffen [17]). Desgleichen bemerkt Malcolm, daß diese Winde in Persien nicht gefährlich seyen [18]), und nach Morier's Erfahrungen sind die Folgen dieses Windes am persischen Meerbusen nicht so gefährlich, als Chardin glaubt [19]).

Die Bemerkungen Burckhardt's über die geringe Schädlichkeit dieses Windes scheinen allerdings durch die bekannte Erzählung, daß sich Kameele und Menschen bei seiner Annäherung an die Erde werfen, das Gesicht gegen den Boden wenden und seinen Vorübergang abwarten, widerlegt zu werden. Aber auch diese Nachricht scheint in die Klasse der Mährchen zu gehören. Der einzige Reisende, welcher dieses Umstandes nach eigener Erfahrung gedenkt, ist Bruce [20]); es ist aber die Frage, ob wir den Nachrichten von diesem trauen müssen, um so mehr, da der genaueste Kenner der Wüste (Burckhardt) diese Thatsache gänzlich leugnet. Wenn auch das Urtheil des Lord Valentia, daß man Bruce's Bemerkungen nicht das geringste Zutrauen schenken dürfe (on Mr. Bruce's veracity I have lost all depen-

---

15) Burckhardt Nubia p. 204.

16) Ker Porter Travels II, 229.

17) W. Ouseley Travels I, 203. Zu Dampier's Zeit krochen die europäischen Offiziere am persischen Meerbusen während dieses Windes in Wasserfässer. Dampier Traité des Vents p. 48.

18) Malcolm history of Persia II, 506.

19) Morier second Journey p. 43. Das, was Morier sogleich nachher über die Schädlichkeit dieses Windes mittheilt, wurde ihm nur erzählt.

20) Bruce Reisen IV, 562 und an andern Stellen.

dance) nach Ritter viel zu hart ist[21]), so dürfen wir doch den Erzählungen seiner persönlichen Abenteuer nicht trauen, da die Unwahrheit mehrerer Vorfälle durch spätere Reisende erwiesen ist, andere auch eine sehr geringe innere Wahrscheinlichkeit haben. Bruce fügt seiner Erzählung freilich hinzu, er habe es nicht unterlassen können, während eines heißen Samums rückwärts zu schauen, dieses habe ihm so geschadet, daß er lange Zeit Brustschmerzen hatte, welche erst nach zwei Jahren dem Gebrauche warmer Bäder wichen. Ob diese Kränklichkeit aber ihren Grund in den Strapazen der ganzen Reise oder der Einwirkung dieses Windes gehabt habe, muß hier unentschieden bleiben.

Zu leugnen ist indessen nicht, daß die Araber während dieser Winde ihr Gesicht öfter mit Tüchern bedecken; dieses geschieht aber aus demselben Grunde, als in Bornu, wo die Bewohner gewöhnlich ein Tuch über den Mund binden, damit ihnen der Sand nicht ins Gesicht getrieben werde[22]); deshalb knien die Araber auch öfters neben ihren Kameelen nieder. Selbst diese Thiere wenden ihren Kopf abwärts, nicht weil ihnen die Hitze etwa übermäßig lästig wäre, sondern um ihre großen, hervorstehenden Augen vor dem Sande zu schützen; doch thaten sie dieses nach den vielfältigen Erfahrungen von Burckhardt stets nur dann, wenn ein Wirbelwind etwa Sand in die Höhe hob, nie aber, wenn bei sehr heißer Luft kein Staub in der Atmosphäre vorhanden war. „Als ich, fährt Burckhardt fort, im Junius 1813 von Esne nach Siout reiste, so überfiel mich auf der Ebene zwischen Farschiout und Berdys ein heftiger Samum; ich war ganz allein, und ritt auf einem leichtfüßigen Dromedar. Als der Wind sich erhob, war weder Baum noch Haus zu sehen; während ich mich bemühte mein Gesicht mit einem Tuche zu bedecken, wurde mein Thier unruhig, als ihm so viel Sand in die Augen getrieben wurde; bei dem Sausen des Windes fing es an zu galloppiren, ich verlor die Zügel, fiel auf die Erde, und da ich nicht im Stande war, 10 Ellen weit zu sehen, blieb ich liegen und wickelte mich in meine Kleider, bis der Wind vorbei war. Ich verfolgte jetzt mein Dromedar, welches in bedeutender Ent-

21) Ritter's Erdkunde, zweite Aufl. I, 179.

22) Denham Narrative Titelkupfer.

fernung ruhig hinter einem Strauche stand, welcher seine Augen vor dem Sande schützte" [23]).

Aus dem Gesagten ergiebt sich von selbst, was von mehreren häufig wiederholten Erzählungen zu halten sey, so daß der Samum geradlinig wie eine Kanonenkugel durch eine Caravane fahre, d. h. geradlinig hindurch gehe und einen Menschen zwischen zwei andern tödte [24]); daß der Körper der von ihm getroffenen schwarz würde, und daß spätestens nach sechs Stunden der Tod erfolge [25]); daß der Körper sehr schnell in Fäulniß übergehe und daß die Glieder aus einander fallen [26]), während doch sonst die Leichname der in der Wüste gestorbenen Menschen austrocknen, ohne daß sich eine Spur von Verwesung an ihnen zeigt [27]). Daß dieser Wind wegen des starken Reizes der Sandtheilchen einen unangenehmen Eindruck auf die Geruchsorgane machen könne und müsse, bedarf wohl kaum einer Erwähnung. Der Geruch nach Schwefel, welcher bei so vielen Phänomenen eine unverdiente Rolle spielen muß, wird auch hier als charakteristisches Kennzeichen angeführt [28]).

Interessant ist die von Rüppell gemachte Bemerkung [29]), daß die Luft zur Zeit des Chamsins eine hohe electrische Spannung hat. Es scheint mir aber wenig wahrscheinlich, daß Electricität die Haupturſache des Phänomenes sey, vielmehr möchte diese Spannung wohl eher ihren Grund in der Bewegung der Luftmassen, der Reibung der isolirenden Sandmassen an der Luft (wodurch wir ja auch künstlich Electricität zu erzeugen vermögen) und in aufsteigenden warmen Luftströmen haben.

Nach dem bisher Gesagten sind also Hitze und Trockenheit die charakteristischen Zeichen dieses Windes; hiernach bedarf die

23) Burckhardt Nubia p. 205.

24) Beauchamp bei Cotte Mémoires II, 213.

25) Beauchamp l. l. Ker Porter Travels II, 230.

26) Niebuhr Arabien S. 8. Volney Voyage I, 57.

27) Burckhardt Nubia p. 182. Denham Narrative p. 8. Bruce und andere.

28) Beauchamp und Niebuhr l. l. Ker Porter Travels II, 230.

29) Rüppell Reisen S. 271.

gewöhnliche Hypothese, wornach der Chamsin seinen Grund in den stagnirenden Gewässern von Centralafrica haben soll, kaum einer Widerlegung. Wir wissen zwar aus den Bemerkungen von Bruce von der Terrasse der Schangalla's, denen von Denham in Bornu, von Mungo Park auf der Mandingo-Terrasse, und denen von Tuckey's Begleitern am Zaire und sehr vielen andern Berichten, daß jene feuchten Wälder in der nassen Jahreszeit, wegen der feuchten Hitze, bei welcher die Transpiration gehemmt wird, im hohen Grade ungesund sind, aber kaum erfolgt der Wechsel der Moussons, so kehrt sogar in die dichten Wälder der Schangalla's neues Leben zurück. Läge in diesen feuchten Gegenden ein so schädliches Princip, daß es über trockene Wüsten einen Weg von mehreren hundert Meilen bis zu den Küsten des Mittelmeeres nehmen könnte, ohne bedeutend an Wirkung zu verlieren, dann müßten jene Gegenden völlig menschenleer seyn, wovon aber die Erfahrung das Gegentheil zeigt.

Was die Richtung betrifft, welche diese Winde haben, so kann man im Allgemeinen sagen, daß sie am Rande der Wüste aus dieser kommen. In Unter-Aegypten kommt der heiße Wind aus SSW und SW [30]); in Tor am Meerbusen von Suez aus dem peträischen Arabien, also aus NO [31]); in Mecca aus der Wüste Nedsched, also aus O [32]); in Surate aus N [33]), in Bassora aus NW [34]), in Bagdad aus W [35]), in Syrien aus SO [36]), also in allen Fällen aus den Wüsten westlich vom Euphrat; bei Benown aus NO, also der Sahara [37]); eben daher am Senegal

30) Volney Voyage I, 58. Belzoni Narrative p. 195. Niebuhr Arabien S. 8. Dénon Voyage p. 179. Seneca Quaest. Nat. IV, 2.

31) Rüppel Reisen S. 185.

32) Volney und Niebuhr l. l.

33) Ibid.

34) Volney und Niebuhr; Beauchamp bei Cotte Mémoires II, 215.

35) Volney und Niebuhr.

36) Volney.

37) Mungo Park Travels p. 258.

negal [38]); an der Guineaküste hat er in verschiedenen Gegenden ebenfalls ungleiche Richtungen, er weht an der Goldküste aus NO, am Cap Lopez und dem Strome Gaboon aus NNO, auf den Inseln Los, welche etwas nördlich von Sierra Leone liegen, aus OSO [39]).

Dabei habe ich freilich angenommen, daß Harmattan und Samum identische Winde seyen; es werden jedoch mehrere Umstände angeführt, wodurch beide sich unterscheiden sollen. Während der Samum ungesund ist, wird der Harmattan als stärkend angeführt, obgleich auch nach den ältern Berichten von Greenhill bei Dampier (l. l.) der Harmattan Menschen und Thieren schädlich seyn soll. Für Aegypten mag der erste Theil der Behauptung einigermaßen richtig seyn, mehr als sonst stagnirt aber um diese Zeit das Nilwasser, es ist vor der neuen Schwelle nicht so rein und lieblich als sonst. Daß nicht im Winde das Ungesunde liege, geht daraus hervor, daß in Nubien, wo diese Winde häufiger wehen [40]), nichts von schädlichen Wirkungen bekannt ist, und die ägyptische Pest nicht bis dahin gelangt [41]). Aber in Nubien ist der Charakter der Landschaft ein anderer, nur an wenigen Stellen befruchtet der Nil dieses Land durch seine Ueberschwemmungen, man wendet Schöpfräder dazu an, daher wird ein etwas höherer oder niedrigerer Stand des Nilwassers keinen bedeutenden Unterschied in dem Gedeihen der Gewächse bedingen, das Wasser selbst wegen des schnelleren Laufes über die vielen Cataracten weniger leicht in Fäulniß gerathen, als namentlich in Unterägypten. An der Westküste Africas folgt der Harmattan auf die nasse Jahreszeit, in welcher selbst die Neger sehr viel an Fieberanfällen leiden; so wie der Wind sich erhebt, verschwinden die Krankheiten, und selbst geimpfte Pocken kommen nicht zum Vorschein [42]). Eben so sollen die heißen Winde in Pondichery nach der nassen Jahreszeit gesund seyn [43]).

38) Golberry Fragmens I, 228.
39) Dobson in Phil. Trans. 1781. p. 46.
40) Burckhardt Nubia p. 204.
41) Ibid. p. 145. 229.
42) Dobson in Philos. Trans. 1781. p. 53. Golberry Fragmens I, 229. Winterbottom Nachrichten S. 59. Mungo Park Travels p. 259. Vgl. Denham Narrative p. 207.
43) le Gentil Voyage I, 479.

Es soll ferner der Einfluß beider Winde auf die Vegetation sehr verschieden seyn. Ker Porter erfuhr von einem Perser, daß der Samum den Früchten, namentlich dem Obste sehr günstig wäre [44]), während der Harmattan nach den Bemerkungen von Dobson der Vegetation sehr schädlich ist [45]). Finden wir aber, daß schon in unseren Gegenden trockene Sommer für einige, feuchte für andere Pflanzen vorzüglich schädlich sind, so wird begreiflich, daß der Einfluß heißer Winde auf die Gewächse verschiedener Gegenden sehr ungleich seyn muß, zumal wenn diese sehr von einander abweichen, wie es hier der Fall ist. Pflanzen, welche ein warmes und etwas feuchtes Klima verlangen, gedeihen auf dem Plateau von Iran nicht, so bleiben die Datteln in dem Striche zwischen dem persischen Meerbusen und Schiras zurück [46]), und steigen nicht in das Hochland; selbst wenn sich hier einige Palmen zeigen, so sind ihre Früchte eben so schlecht, als in Dar-Fur und Sennaar. Erwägen wir ferner, daß die Perser halbreifes Obst essen [47]), so wird begreiflich, daß ihnen Früchte am liebsten seyn werden, welche durch schnelle Einwirkung von Hitze ein gutes Ansehen erhalten haben. An der Küste von Guinea finden wir Pflanzen, welche eine feuchte Hitze lieben, von denen Reiß der beste Repräsentant ist, auf diese wird nothwendig eine trockene Hitze einen schädlichen Einfluß äußern, indem die Blätter schneller als gewöhnlich ausdünsten und verwelken.

Was die geographische Verbreitung dieser Winde betrifft, so können wir im Allgemeinen sagen, daß sie sich da zeigen, wo Ebenen, welche mehr oder weniger vegetationsleer sind, eine starke Erhitzung des Bodens gestatten. Daher sind die Sandwüsten von Africa und Asien ihr wahres Vaterland. Aber selbst

44) Ker Porter Travels II, 229. Morier second Journey p. 43.

45) Dobson l. l. p. 48.

46) Olivier Persien S. 143. Chardin Voyage VIII, 461.

47) Morier second Journey p. 92. Der persische Gesandte war mit dem reifem Obste in England wenig zufrieden. Er konnte nicht unterlassen zu sagen: „Es ist wahr, wir haben nicht so schöne Häuser als ihr, keine Wagen, noch sind wir so reich, aber wir haben bessere Früchte und sehen stets die Sonne."

Hindostan, welches reich an Vegetation ist, zeigt uns Gegenden, wo diese Winde öfter wehen. Namentlich ist dieses in Pondichery der Fall, wo sie besonders vom Junius bis August wehen. Im Anfange des Mai steht dort das Thermometer meistens auf 25° bis 27°; so wie aber die Landwinde etwas anhaltend wehen und dabei Sand in die Höhe heben, steigt die Wärme in kurzer Zeit auf 35° bis 36°. Daß auch hier Trockenheit charakteristisch ist, geht besonders daraus hervor, daß sich diese Winde zeigen, wenn es seit langer Zeit nicht geregnet hat [48]). Eben so traf Lord Valentia in den Orten Dschuampor und Sultanpor (auf einer weiten Ebene am westlichen Ufer des Gumty) sehr heiße Winde [49]), ja die Hitze war hier weit größer als bei einem Chamsin in Aegypten zwischen Edko und Rosette [50]).

Auf dem mit Flugsand bedeckten westlichen Theile der Hochebene Kobi sind die Wüsten in der Gegend von Turfan zuweilen so heiß, daß es unmöglich ist, dort zu verweilen; die heißen Winde sind hier zuweilen so heftig, daß sie den Menschen stumpfsinnig machen [51]).

In Paramatta ist der NW Wind im hohen Grade trocken und heiß; die Winde kommen über eine Kette kahler Sandsteinfelsen, wodurch ihre Temperatur so erhöht wird, daß ein im Schatten hängendes Thermometer oft in kurzer Zeit von 27° bis 38° steigt [52]); kaum ist es möglich, daß die Winde in Africa mehr Verwüstungen anrichten können, als diese NW Winde bei Port Jackson: die Pflanzen verdorren und die Quellen trocknen aus. Péron bemerkt, daß alle Winde, welche er an verschiedenen Punkten der Küste beobachtete, sich durch trockene Hitze auszeichneten, sobald sie vom Lande wehten, mochten sie nun je

48) le Gentil Voyage I, 477—478. Dampier Traité des Vents p. 48.

49) Valentia Reise I, 134 u. 135.

50) Ebend. II, 258.

51) C. Ritter Erdkunde I, 498.

52) Cunningham Neu-Südwales S. 96. Tucker Reise nach Neu-Südwales, in der Weimar. Biblioth. XXIV, 93.

nach der verschiedenen Lage der Gegenden aus N, O oder NW kommen [53]).

Aehnliche Winde bemerkt man auch in den Ebenen von America. So zeichnen sich in Louisiana die N und NO Winde im Winter eben so durch große Kälte, als im Sommer durch große Hitze aus. Wenn man im Sommer auf den Ebenen dieser Provinz reist, so kommt man plötzlich in ein weit heißeres Klima, als man eben verlassen hatte; dieses dauert in einer Strecke von 20 bis 30 Schritten fort und dann kommt man plötzlich in ein kühleres, um gleich darauf ein heißeres zu erreichen. In einem Districte von einer Viertelmeile pflegt man solche Veränderungen oft drei- bis viermal anzutreffen [54]). Und eben so ist die Hitze in den Llanos am Orenoco besonders dann im hohen Grade drückend, wenn die Luft in Bewegung ist [55]).

Auch in Europa treffen wir Gegenden, welche sich durch solche heiße Winde auszeichnen. Es ist bekannt, daß in der Mancha von Andalusien, namentlich in Sevilla und Cadix, der aus SO oder S kommende Solano weht. Er zeichnet sich durch Hitze aus, erzeugt Schwindel und erhitzt das Blut dergestalt, daß die ohnehin reizbaren Einwohner zur Zeit wo er weht, Ausschweifungen aller Art begehen [56]).

Bekannter ist der Sirocco in Italien. Dieser Ausdruck bedeutet im Allgemeinen den SO Wind, ganz speciell aber werden damit die heißen Winde bezeichnet. Große Hitze ist das Charakteristische desselben. Brydone zog in Palermo genauere Nachrichten über ihn ein; Personen, welche sich viele Jahre in Spanien und Malta aufgehalten hatten, sagten, sie hätten niemals in diesen Ländern eine Hitze erlebt, welche der beim Sirocco

53) Péron Voyage I, 396—398.

54) Ulloa Nachrichten vom südl. und südöstl. America. Aus d. Span. übers. von Dieze I, 59.

55) Humboldt Voyage VI, 93.

56) Dillon Reise durch Spanien II, 95 u. 148. Townsend Reise durch Spanien, übers. von Volkmann II, 133. Daß diese Ausschweifungen Grund in einer Beimengung eines Bestandtheiles haben, scheint mir wenig wahrscheinlich. Auch in Deutschland werden mehr Kinder etwa 9 Monate nach der größten jährlichen Wärme geboren, als sonst in gleichem Zeitabschnitte.

in Palermo zu vergleichen wäre [57]). Als Brydone während eines solchen Windes die Thür seines Zimmers öffnete, fiel es ihm auf das Gesicht wie der brennende Broden aus einem Ofen, in einer freien Laube war die Wärme unerträglich, das Thermometer stieg hier bis 45° (112° F.); so wie aber der Wind aus der See kam, wurde es plötzlich kühl. Zu dieser Zeit läßt sich in Palermo Niemand auf der Straße sehen, nie aber hat er daselbst ansteckende Krankheiten verursacht oder sonst üble Folgen auf die Gesundheit des Volkes gehabt; eine Erschlaffung weicht dem bald folgenden Nordwinde [58]). Und eben solche Mattigkeit erzeugt dieser Wind auch in Neapel [59]). Auch soll er im Sommer und Herbste auf Malta häufig und im hohen Grade lästig seyn; ob hier aber von ihm Faulfieber und Ruhren erzeugt werden, wie Spix und Martius glauben [60]), scheint noch näher untersucht werden zu müssen. Bemerkenswerth aber scheint mir der Umstand, daß das Barometer zu der Zeit, wo der Wind anfing, nach den Erfahrungen von Brydone sowohl in Neapel als in Palermo um 1 bis $1\frac{1}{2}'''$ sank.

Diese heißen Winde in Italien und Spanien werden gewöhnlich als Winde angesehen, welche von den Küsten Africas kommen. Es ist möglich, daß diese Winde schon den Weg über das mittelländische Meer gemacht haben [61]), gerade so wie die von Africa kommenden SO Winde sich auf Madera durch große Trockenheit auszeichnen [62]); ich glaube jedoch, daß man die unangenehme Hitze dieser Winde vielmehr in den Ebenen von Andalusien und den trockenen Felsen von Sicilien suchen muß. Wäre der Wind aus Africa, so müßte er auf derjenigen Seite Siciliens, welche diesem Erdtheile am nächsten liegt, auch am heftigsten seyn; aber in Palermo ist er weit drückender als in ir-

57) Brydone Reise durch Sicilien und Malta II, 53.

58) Brydone II, 116—121.

59) Brydone I, 5.

60) Spix und Martius Reise nach Brasilien I, 30.

61) Black im Edinburgh New Phil. Journ. Julius 1828. p. 247 u. 249.

62) Heinecken im Edinburgh Journal of Science New Ser. I, 42. Die Luft soll beim Sirocco in Italien feucht und nebelig (Wasserdampf oder Staub?) seyn; Hygrometerbeobachtungen sind sehr wünschenswerth.

gend einem andern Theile der Insel [63]). So viel ist hiernach wenigstens gewiß, daß dieser Luftstrom, welcher sich auf dem Mittelmeere nothwendig abkühlen müßte, in den trockenen und von der Sonne stark erhitzten Gegenden des südlichen Italiens und Siciliens einen neuen Grad von Hitze erreicht.

Sollen aber die heißen Winde Europas einmal von Luftströmen aus Africa hergeleitet werden, so ist nicht zu begreifen, wie dieselben nach dem südlichen Rußland gelangen. Und doch finden wir sie dort auf den Steppen. So wehen im Julius bei Zarizyn südliche Winde, welche so stark gehen, daß sie den Staub hoch erheben und so heiß sind, als ob sie aus einem Ofen kämen. Diese Winde fangen gewöhnlich um 2 Uhr Abends an und dauern bis nach Mitternacht, niemals hat man sie länger bemerkt. Bei solchen Winden fallen die Schafe wie Fliegen dahin [64]). Wenn auch die Steppenbrände alsdann die Hitze etwas steigern mögen, so sind sie gewiß nicht die einzige Ursache der Wärme, denn sonst würde es wohl nicht möglich seyn, daß diese Winde die Vorboten schwerer Ungewitter wären [65]).

So haben wir aus einem Principe die meisten Erscheinungen abgeleitet, welche die Winde uns darbieten. Dieser einfache Grundsatz bestand darin, daß sich sogleich Winde erheben müssen, sobald eine Luftmasse mehr oder weniger erwärmt wird, als die benachbarten; in jenem Falle fließt die Luft der unteren Regionen gegen die wärmere Gegend, in diesem findet das Gegentheil Statt. Andere Eigenschaften der Winde werden wir in der Folge kennen lernen; gegenwärtig will ich noch einige historische Bemerkungen über die Lehre von den Winden mittheilen [66]).

Ohne bei den zum Theil fruchtlosen Untersuchungen der Alten zu verweilen, gehe ich sogleich zu Baco v. Verulam über. Mit den Bemerkungen der Alten und den Speculationen der Restauratoren der Physik unzufrieden, suchte er die Lehre von den Winden auf eine feste Basis zu gründen, ganz dem von ihm im

63) Brydone Reise II, 122.

64) Pallas Reise III, 643.

65) Pallas Reise I, 439.

66) Ich folge hier vorzüglich der Darstellung v. Lindenau's in Zach's monatlicher Correspondenz XIII, 249 folg.

Anfange seines Organon aufgestellten Grundsatze gemäß, daß der Mensch als Diener und Ausleger der Natur nur so viel und nicht mehr von der Natur der Dinge wisse, als er durch angestellte Versuche und Beobachtungen kennen gelernt habe. In seiner Schrift über die Winde [67]) stellt er die bis dahin bekannten Erscheinungen zusammen; er giebt hier nicht blos die Richtung der Winde in verschiedenen Gegenden, sondern betrachtet auch ihren Einfluß auf Hydrometeore und Temperatur. Als vorzügliche Ursache der Winde, besonders der Passatwinde, sieht er die Sonne an (Sol est genitor ventorum praecipuus [68]). Die Sonne nämlich dehnt die Luft wenigstens um $\frac{1}{3}$ ihres Volumens aus, und dadurch muß nothwendig eine Bewegung erzeugt werden. Da nun die Sonne scheinbar von Osten nach Westen geht, so muß die Luft ebenfalls nach dieser Gegend fließen und dadurch der Passat erzeugt werden, welcher sich nur zwischen den Wendekreisen zeigen wird, da hier die Hitze weit größer ist, als in andern Gegenden [69]). Daß durch eine Erwärmung der Luft Winde erzeugt werden können, davon überzeugte er sich, als er ein heißes Kohlenbecken in einen Thurm stellte: warme Luftströme gingen nach außen und leichte an Fäden hängende Körper wurden bewegt [70]). Es wäre jedoch auch möglich, daß die Passatwinde dadurch entständen, daß die Luft sich eben so wie der Himmel bewege; diese Bewegung muß zwischen den Tropen, wo die von der Luftmasse beschriebenen Kreise größer sind, auch weit auffallender seyn, als außerhalb derselben [71]). Möglich wäre es auch, daß der Mond und die Sterne hierauf Einfluß haben, da man z. B. bemerkt hat, daß einige Stunden vor Mondfinsternissen und um die Zeit der Planetenconjunctionen lebhafte Winde wehen, und daß zur Zeit des Aufganges großer Sterne dasselbe Statt findet [72]).

---

67) Fr. Baconi de Verulamio historia naturalis et experimentalis de ventis. 12. Lugd. Bat. 1648.

68) l. l. p. 51. 69) l. l. p. 17. 70) l. l. p. 53. 71) l. l. p. 16. 51.

72) Exortu *Orionis* surgunt plerumque venti et tempestates variae; sed videndum, annon hoc fiat, quia exortus ejus sit eo tempore anni, quod ad generationem ventorum est maxime efficax; ut sit potius concomitans quiddam quam causa; quod etiam de ortu *Hyadum*, et *Plejadum*, quoad imbres, et *Arcturi* quoad tempestates similiter dubitari possit. l. l. p. 52.

Baco von Verulam ahnete also die wahre Ursache der Passate, und hätte er bei dem von ihm angestellten Versuche die Luftströmungen über und unter dem Kohlenbecken genauer untersucht, so hätte er vielleicht den Grund aufgefunden. Cartesius, Rohault, Mersenne und andere Physiker des 17ten Jahrhunderts sahen die Rotation der Erde als wichtigste Ursache der Passate an. Nach ihnen hatte das die Erde umgebende feinere Fluidum nicht gleiche Rotationsgeschwindigkeit mit dieser, mußte also bei der täglichen Bewegung der Erde von Abend nach Morgen eine entgegengesetzte Tendenz erhalten und so einen beständigen Luftzug von Morgen nach Abend bilden. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß diese Meinung offenbar irrig ist, denn wenn auch Anfangs die Rotationsgeschwindigkeit der Atmosphäre kleiner als die der Erde war, so mußte doch die Adhäsion aller Theile, die Gravitation der Atmosphäre gegen die Erde, die genaue Verbindung dieser mit der Bewegung des Oceans, die immerwährende Friction mit allen Theilen der Erdoberfläche und die dreißig Mal schnellere Bewegung der Erde um die Sonne, bald allen Theilen der Atmosphäre eine gleich schnellere Rotation mittheilen, so daß in dieser Hinsicht die Bewegung unseres Weltkörpers, nebst dem ihn umgebenden feineren Fluido, als die eines einzigen festen Körpers angesehen werden kann [73]).

Erst durch Halley's Beobachtungen, welche er während eines mehrjährigen Aufenthaltes zwischen den Wendekreisen angestellt hatte, wurde die wahre Ursache von den Passaten gefunden. Die Umrisse dieser Theorie, nach welcher die Wärme der Sonne die wichtigste Ursache ist, habe ich oben gegeben. Halley's Landsmann Dampier stellte um dieselbe Zeit seine vielfachen Erfahrungen über diesen Gegenstand zusammen und lieferte in seinem Traité des Vents dem Schiffer und Physiker sehr wichtige Materialien, ohne daß er sich auf eine Erklärung der Erscheinungen einließ.

Eine nähere Veranlassung zur Bearbeitung dieser Theorie gab die Preisfrage der Academie zu Bordeaux im Jahr 1730. Die Preisschrift des Jesuiten Sarrabat im 8ten Bande des Recueil des Prix de l'Academie de Bordeaux ist mir unbekannt,

73) v. Lindenau l. l. p. 258.

und ich konnte nur das benutzen, was v. Lindenau (l. l.) und Cotte [74]) aus derselben mittheilen. Er unterscheidet in dieser Abhandlung ganz zweckmäßig die regelmäßigen und unregelmäßigen Winde und sucht für jede Klasse die Ursachen auf. In der aus mehreren Schichten bestehenden Atmosphäre können Ursachen, welche über oder unter ihr liegen, Winde erzeugen, es kann aber auch geschehen, daß fremdartige in diese Masse gebrachte Körper darin Undulationen bewirken. Dieser letztere Grund ist zufällig und giebt Gelegenheit zu der Entstehung der unregelmäßigen Winde, und es kommt daher nur zunächst auf die beiden ersten an. Die Ursachen, welche über der Atmosphäre liegen, sind Sonne und Mond; die unter ihr liegenden die Erde mit ihren Meeren, Gebirgen, Höhlen u. s. w. Um nun den Einfluß der Sonne zu zeigen, hat Sarrabat einen Versuch mit einem glühenden Eisen angestellt, welches er über eine Wasserfläche hielt, auf welcher leichte Körper schwammen; nach diesem Versuche glaubt er, daß die Sonne eine Stoßkraft besitze, durch welche sie die Flüssigkeiten von dem Punkte entferne, wo ihre Strahlen vorzüglich stark wirken. Die Luft erhebt sich nämlich an dieser Stelle und fließt hier auf einer geneigten Ebene gegen die weniger ausgedehnte und daher niedrigere Luft, während von unten ein Zufluß erfolgt, wodurch die entferntere Luft wieder ersetzt wird. Wird hiemit die Bewegung der Erde um ihre Axe combinirt; so ergeben sich hieraus die Passate zwischen den Wendekreisen; eben so lassen sich hieraus die Winde ableiten, welche in mittleren Breiten in verschiedenen Jahreszeiten herrschen. Aber diese allgemeinen Winde werden durch verschiedene Ursachen modificirt. Zu diesen gehören die Dämpfe, bedeutende Temperaturdifferenzen in verschiedenen Gegenden und Unebenheiten des Bodens, und hieraus leitet er die Winde des Mittelmeeres nebst den Moussons im indischen Meere ab. Im dritten Theile untersucht der Verfasser die verschiedenen Ursachen der unregelmäßigen Winde. Zu diesen rechnet er vorzüglich 1) die Compression der Luft; 2) die Dämpfe, indem sie sich ausdehnen und in die Höhe steigen; 3) die entzündeten Ausdünstungen (exhalaisons enflammées); 4) fremdartige Körper, welche von andern gedrückt werden und entweichen, wie

74) Cotte Mémoires I, 301.

Wolken; 5) Regen, theils durch sein Herabfallen, theils durch die erzeugte Erkältung der Atmosphäre; 6) die Ungleichheit der Wärmegrade, welche nach und nach an demselben Orte oder zu derselben Zeit an verschiedenen Orten vorhanden sind; 7) alles was eine beträchtliche Erschütterung in der Luft hervorbringen kann; 8) alles was die Bewegung der directen Winde hemmen kann, wie Gebirge, große Gebäude u. s. w.

Dieses System, welches im Grunde das Halley'sche mit einigen Modificationen und etwas abweichendem Sprachgebrauche ist, findet sich wieder in einem Aufsatze von Dupain de Nemours[75]), nur daß die Ausdrücke Condensation, Dilatation und Revulsion gebraucht sind.

Im Jahre 1746 forderte die Berliner Academie die Gelehrten auf, die Ursache der Winde genauer zu untersuchen. Die Abhandlung von d'Alembert wurde gekrönt[76]), die von Mylius erhielt das Accessit. Die Grundsätze der letzteren Schrift sind nicht neu[77]). D'Alembert übersah die Wirkung der Wärme ganz (§. 93.) und leitete alle Erscheinungen, welche wir beim Winde bemerken, blos aus der Anziehung der Sonne und des Mondes her, wobei er von der Hypothese ausging, daß die Erde ganz mit Wasser bedeckt sey; erst in der Folge nimmt er auf die Aenderungen Rücksicht, welche die Gebirge in der Richtung des Windes erzeugen müssen. Aber da hier ein Princip völlig übersehen wird, welches eine so bedeutende Rolle spielt, dessen Wirkung uns schon mehrere Phänomene gezeigt haben und welches uns in der Folge immer wichtiger werden wird, so wird begreiflich, daß die erhaltenen Gesetze nicht vollständig der Natur genügen werden. Aber auch abgesehen davon, so lassen sich gegen d'Alembert's Folgerungen mehrere Einwendungen machen, wie dieses bereits v. Lindenau gethan hat, dessen Entwickelung ich hier in der Kürze mittheilen will[78]). Selbst abgesehen

75) Transact. of the Americ. Philos. Soc. held at Philadelphia für 1804. cit. von Lindenau p. 262.

76) d'Alembert reflexions sur la cause générale des vents. 4. Paris 1747.

77) v. Lindenau l. l. p. 262.

78) Ibid. p. 263.

von dem Umstande, daß d'Alembert bei seiner Theorie die Elasticität der Luft vernachlässigt, daß er sich einer etwas willkürlichen Approximation bedient, daß die Schwierigkeit, Stärke und Direction des Windes aus seinen Ausdrücken herzuleiten, unendlich ist, daß die in beiden Halbkugeln herrschenden N und W Winde durchaus nicht erklärlich sind: so kommt noch folgender entscheidende Umstand hinzu, um die praktische Unbrauchbarkeit der d'Alembert'schen Methode ins hellste Licht zu setzen. Wenn die durch Gravitation im Ocean und in der Atmosphäre erzeugten Oscillationen als analog angesehen werden, so läßt sich die Größe der letzteren ungefähr auf folgende Art übersehen. Ohne Rücksicht auf die relative Lage der drei Körper hängt im Allgemeinen die Größe der Ebbe und Fluth von der Tiefe des Meeres ab. Eine zunehmende Tiefe vermindert die Größe der Oscillationen [79]). Da nach den genauesten Beobachtungen die Höhe der Atmosphäre größer denn die Tiefe des Meeres ist, so müssen folglich auch schon in dieser Hinsicht die Oscillationen der Atmosphäre kleiner denn die des Meeres seyn, die ebenfalls nur an Ufern und solchen Orten vorzüglich merkbar werden, wo sich dem menschlichen Auge ein Vergleichungspunkt darbietet. Nun sind aber die obersten Theile der Atmosphäre so dilatirt, haben so wenig Adhäsion unter einander, daß die obersten Luftschichten einen Druck leiden können, ohne daß dadurch die unteren im geringsten modificirt werden, und da theils Erfahrung (Taucher haben versichert, daß selbst bei heftigem Sturm in einer Tiefe von 15 Toisen das Meer ruhig ist), theils Theorie [80]) lehren, daß die Bewegungen eines Fluidums bloß auf dessen obere Fläche, nicht auf die unteren Schichten wirken, so scheint es schon hiernach wahrscheinlich, daß die Gravitation keine bemerkbaren Bewegungen in der unsern Erdkörper zunächst begränzenden Atmosphäre erzeugen könne [81]).

Die Frage nach einer allgemeinen Theorie der Winde wurde in der Folge noch mehrmals wiederholt, nämlich 1751 von der

79) la Place Mécanique céléste II, 201.

80) la Grange Mécanique analytique p. 491.

81) Ueber den Einfluß der Gravitation auf die Barometerschwankungen werde ich in der Folge handeln.

Academie zu Paris und 1780 von der Academie zu Dijon. Jene krönte die Abhandlung von Daniel Bernoulli, diese die von la Coudraye; beide sind mir unbekannt.

Aber die meisten dieser Untersuchungen bezogen sich auf die regelmäßigen Winde zwischen den Wendekreisen; wie die Richtung derselben in höheren Breiten beschaffen sey, darüber fehlte es ganz an Untersuchungen. Forster [82]), le Gentil,[83]) und Andere bemerkten zwar, daß in höheren Breiten der Halley'schen Theorie gemäß SW Winde vorherrschten, aber es wurden alle Untersuchungen in jener Zeit einseitig angestellt, indem man nur den einzigen Wind berücksichtigte, welcher am häufigsten geweht hatte. Hätte Cotte dieses Verfahren nicht auch bei den vielen ihm mitgetheilten Beobachtungen befolgt, so würde unsere Kenntniß von diesem Gegenstande weit vollständiger seyn; jetzt aber ist alles was er im zweiten Bande seiner Mémoires sur la Météorologie giebt, völlig unbrauchbar. Erst Lambert gab ein Verfahren an, wodurch man die mittlere Richtung der Luftströmung finden könnte [84]), was lange übersehen, erst in neueren Zeiten wieder angewendet worden ist.

Aber selbst in niederen Breiten fehlte es an Thatsachen, welche das Verhalten der Winde in verschiedenen Gegenden zeigten, es waren wenigstens die Beobachtungen in vielen Werken zerstreut, aus denen sie der Physiker mit Mühe aufsuchen mußte. Durch die Arbeiten von Forrest, Capper und Romme wurde auch diesem Uebelstande abgeholfen; während sich aber die beiden ersteren vorzugsweise auf das indische Meer einschränkten, Forrest auch eine schlechte Theorie (bad theory) der Moussons gab [85]), so theilte Romme alles mit, was er in Seereisen durch alle Breiten gefunden hatte. Nach Aufzählung aller einzelnen Thatsachen theilt er eine Theorie der Winde mit, in welcher er Gravitation, Wärme und Vergrößerung der Elasticität der Luft durch Dämpfe als Ursachen annimmt; aber auch er sieht sich ge-

82) J. R. Forster Bemerkungen auf einer Reise um die Welt.

83) Mémoires de Paris 1784. p. 480.

84) Mém. de Berlin 1777.

85) Urtheil von Thomas Young in der die Winde betreffenden Literatur, in seinen Lectures on natural philosophy.

nöthigt, die Moussons des indischen Meeres, welche mir nach der Hypothese d'Alembert's ganz unerklärbar scheinen, blos aus der Wärme herzuleiten.

Auf diese systematische Zusammenstellung gestützt, versuchte es in der Folge von Lindenau, eine allgemeine Theorie der Winde zu liefern, welche im 18ten und 15ten Bande der monatlichen Correspondenz mitgetheilt und im obigen sehr häufig benutzt ist. Er sucht hier die heißen Winde und ihren schädlichen Einfluß auf die Gesundheit aus ihrer chemischen Beschaffenheit herzuleiten, indem der Chamsin ein Uebermaaß von Azot enthalten soll, ganz den Ansichten gemäß, welche erst kurz darauf durch genauere Analysen verdrängt wurden [86]). Die regelmäßigen Winde leitet er auf eine ähnliche Art ab als Halley, er entwickelt Ausdrücke, durch welche die Geschwindigkeit der Winde gefunden wird. Bis jetzt aber lassen sich die gegebenen Größen aus Mangel an Erfahrungen über die Geschwindigkeit der Winde noch nicht näher prüfen.

Lange Zeit wurde diese Materie nicht weiter verfolgt, bis endlich Buch in seiner Abhandlung über barometrische Windrosen [87]) auf manche interessante, in der Folge näher zu erwähnende Eigenschaften der Winde aufmerksam machte, Humboldt in seinem Reiseberichte mehrere interessante Thatsachen über das Verhalten der Winde mittheilte, und Brandes in verschiedenen Abhandlungen, besonders in seinen Beiträgen zur Witterungskunde, mehrere sehr gründliche Untersuchungen anstellte. Durch die Arbeit v. Buch's auf jene Abhandlung Lambert's aufmerksam gemacht, fing ich im Jahr 1824 an, mehrere Erscheinungen genauer zu untersuchen, und indem ich die mittlere Windrichtung an verschiedenen Orten in den einzelnen Monaten aufsuchte, wurde ich nicht wenig überrascht, Gesetze zu finden, welche ich in keiner mir bekannten Schrift gefunden hatte. Während

86) Wenn v. Lindenau diese Behauptung im J. 1806 aussprach, so war sie ganz im Geiste jener Zeit. Wie aber v. Zach noch im J. 1824 wiederholen konnte, daß der Samum viel Salpetergas, der Harmattan viel Oxygen enthalte (Corresp. astron. No. 6. p. 540), ist allerdings unbegreiflich.

87) Abhandlungen der Berliner Academie für 1818—1819.

ich damit beschäftigt war, alle Beobachtungen, welche in den Mannheimer Ephemeriden enthalten waren, zusammen zu stellen, erschienen Schouw's Beiträge zur vergleichenden Klimatologie; mehrere darin gegebene Gesetze stimmten mit den von mir früher gefundenen und den von Schübler angestellten Untersuchungen überein. Durch Dove's Bemerkungen und seinen Streit mit Schouw wurde der Gegenstand von mehreren Seiten betrachtet; es kommt jetzt nur noch auf viele gleichzeitige Beobachtungen nicht blos der Richtung, sondern auch der Stärke, nicht blos in Europa, sondern auch in den übrigen Welttheilen an, um zu entscheiden, ob die Hypothese Dove's der Natur entspricht oder nicht.

Vierter Abschnitt.

Von den Hydrometeoren.

Wird Wasser in einem offenen Gefäße längere Zeit der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt, so wird sein Volumen nach einiger Zeit kleiner, ein Theil hat sich in ein elastisches Fluidum verwandelt, welches wir mit dem Namen Dampf oder Dunst bezeichnen. Ist die Wärme des Wassers nur eben so groß als die der Atmosphäre, oder doch nicht viel größer, so sind wir nicht im Stande mit dem bloßen Auge wahrzunehmen, ob sich über dem Wasser ein anderes Fluidum als atmosphärische Luft befinde, der entweichende Dampf ist unsichtbar. Sobald dagegen die Temperatur des Wassers bei weitem höher ist, als die der Luft, dann bilden sich über diesem Wasser Nebel, ein Theil des unsichtbaren Wasserdampfes hat sich niedergeschlagen, verstattet dem Lichte nicht den freien Durchgang und wird dadurch sichtbar. Man bezeichnet häufig den Dampf in diesen beiden Zuständen mit verschiedenen Namen. E. G. Fischer [1]) ist der Meinung, man solle den vollkommen elastischen, völlig unsichtbaren Dampf mit dem Namen Dunst bezeichnen, während der Ausdruck Dampf im engeren Sinne auf den Fall angewendet werden solle, wo ein Theil des Fluidums in der Gestalt eines Nebels niedergeschlagen ist. Mir scheint es zweckmäßiger, mit Muncke [2]) und andern Physikern die Benennung umzukehren und das sichtbare Fluidum mit dem Namen Dunst, das unsichtbare mit dem Namen

1) E. G. Fischer Theorie und Kritik der Verdunstungslehre. 8. Berlin 1810. S. 7. Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. 8. Berlin 1827. I, 315.

2) Gehler's Wörterbuch N. A. II, 279.

Dampf zu bezeichnen. Dieses stimmt wenigstens im Allgemeinen mit dem Sprachgebrauche überein. Wenn niedrige Nebel einen Theil der Atmosphäre unsichtbar machen, so sagt man, das Wetter sey dunstig. Um jedoch alle Zweideutigkeit in der Folge zu vermeiden, werde ich mich meistens des Ausdruckes Dampf bedienen, und da, wo beide Zustände zu unterscheiden sind, die Benennungen elastische und niedergeschlagene Dämpfe anwenden.

Daß der Dampf ein elastisches Fluidum sey, dafür spricht eine große Menge von Erfahrungen. Hat das Wasser, aus welchem er entsteht, eine hohe Temperatur und entwickeln sich die Dämpfe in einem verschlossenen Gefäße, dann können sie einen sehr starken mechanischen Druck äußern. Die Zersprengung starker verschlossener Gefäße so wie die Bewegung der Dampfmaschinen geben hievon den besten Beweis. In niederen Temperaturen ist die Elasticität des Dampfes, welche mit dem Namen Expansivkraft, Spannkraft oder Druck bezeichnet wird, bei weitem geringer, aber auch hier läßt sie sich mit Leichtigkeit wahrnehmen, wenn man in den luftleeren Raum eines gut ausgekochten Barometers einige Wassertropfen bringt. Bei allen Vergleichungen mit einem andern vollkommen übereinstimmenden Barometer steht jenes niedriger, und zwar desto mehr, je höher die Temperatur ist. Der Unterschied beider Barometer giebt die Spannkraft bei der gleichzeitig beobachteten Temperatur.

Um die Größe der Spannkraft genau zu bestimmen, haben verschiedene Physiker Versuche dergestalt angestellt, daß sie in den luftleeren Raum des einen Barometers etwas Wasser brachten, dieses nach und nach erwärmten und die einer jeden Temperatur entsprechende Expansivkraft durch den Unterschied beider Barometer aufsuchten. Man kann vielleicht weniger sicher dazu die Luftpumpe anwenden. Wasser wird in dem luftleeren Raume der Pumpe stark erwärmt, jetzt aufs neue gepumpt, um mit den Dämpfen noch die letzten Ueberreste von Luft zu entfernen, sodann der Stand der Barometerprobe bei verschiedenen Temperaturen gemessen. Die hier gefundene Größe giebt die gesuchte Spannkraft unmittelbar. Der zuerst gedachten Methode haben sich mehrere Experimentatoren bedient, unter denen ich nur Watt, Robison, Dalton, Ure, Betancourt, Arzberger und Schmidt

Schmidt nennen will; die Resultate dieser Messungen habe ich an einem andern Orte mitgetheilt [3]). Die zuletzt erwähnte Methode wendete Muncke [4]) an. Ein drittes Verfahren hat Prechtl [5]) vorgeschlagen und August [6]), Schmidt und andere Physiker mit einigen Modificationen schon früher angewendet. Eine Barometerröhre, welche hinreichend weit ist, daß die Capilarität keinen Einfluß hat, wird heberförmig gebogen und der eine Schenkel verschlossen. Nachdem diese Röhre durch das Sieden des Quecksilbers ausgekocht ist, wird in den offenen Schenkel Wasser gegossen, dieses bis zum Sieden erhitzt und dadurch alle Luft ausgetrieben, worauf der Schenkel sogleich zugeblasen wird. Das Quecksilber, welches vorher den zuerst verschlossenen Schenkel bis zur Spitze füllte, wird jetzt herabsinken, bis die Elasticität des Dampfes nebst dem Gewichte der Quecksilbersäule in dem einen Schenkel mit dem Gewichte des Quecksilbers im andern im Gleichgewichte stehen. Setzt man diesen Apparat verschiedenen durch ein genaues Thermometer gefundenen Temperaturen aus, so giebt der Unterschied im Niveau beider Quecksilbersäulen die entsprechende Expansivkraft. Bis jetzt sind mir jedoch noch keine Versuche bekannt, welche Prechtl mit diesem sinnreichen und genauen Apparate angestellt hat.

Die Schwierigkeit, in Halle eine Vorrichtung dieser Art von hinreichender Genauigkeit ausgeführt zu erhalten, bewog mich das zuerst erwähnte Verfahren zu benutzen; zwei gut ausgekochte Heber-Barometer wurden längere Zeit mit einander verglichen; das eine derselben, von Pistor in Berlin verfertigt, hatte eine bewegliche Scale, Loupen an derselben dienten zur scharfen Fixirung der Quecksilberoberfläche, der Nonius gab unmittelbar $\frac{1}{50}$ einer pariser Duodecimal-Linie an. Das zweite mit fester Scale war von Körner in Jena, Dioptern ließen die Oberfläche des Queck-

3) L. F. Kämtz Untersuchungen über die Expansivkraft der Dämpfe nach den bisherigen Beobachtungen. 8. Halle 1826.

4) G. W. Muncke Physicalische Abhandlungen. 8. Giessen 1816.

5) Baumgartner Zeitschrift für Mathematik und Physik I, 383.

6) Poggendorff's Annalen V, 344.

silbers mit ziemlicher Schärfe finden; der Zoll war in zehn Linien getheilt und der Nonius gab unmittelbar $\frac{1}{50}$ einer Decimal-Linie. Nachdem der kleine Unterschied in den Angaben beider Instrumente gefunden war, wurde in den luftleeren Raum des letzteren ein Wassertropfen gebracht und der Stand beider häufig verglichen (täglich im Durchschnitte etwa 10 Mal); beide hingen in einem Zimmer, indem sich die Temperatur während des Tages wenig änderte, so daß die Temperatur des Dampfes sich nur wenig von der Wärme der umgebenden Luft unterschied. Letztere wurde durch ein gut calibrirtes Thermometer von Greiner gefunden, bei welchem jeder Grad in fünf Theile getheilt war, so daß ich die Zehntel mit einer sehr großen Schärfe ablesen konnte. So lange das Wasser flüssig blieb, ließ sich der Stand des Quecksilbers im Dampfbarometer mit großer Leichtigkeit auffinden; schwieriger war dieses dann, wenn das Wasser gefroren war. In diesem Falle goß ich in den offenen Schenkel etwas Quecksilber, die dünne Eisrinde wurde in der Mitte durchbrochen, und während sie am Rande der Röhre hängen blieb, stieg das Quecksilber einige Linien über sie und nahm wieder eine regelmäßige gewölbte Fläche an. Zu Zeiten, wo das Eis im Aufthauen begriffen und dieses Verfahren nicht möglich war, wurden gar keine Messungen angestellt. Länger als ein Jahr verglich ich auf diese Art beide Instrumente; die Messungen liegen zwischen — 17° R. und 23° R., da aber in der Nähe dieser Gränzen nur so wenige Beobachtungen angestellt sind, daß die Beobachtungsfehler nicht ganz entfernt sind, so halte ich nur die Aufzeichnungen zwischen — 15° R. und 21° R. für eingermaßen genau. Sämmtliche auf eine Temperatur des Quecksilbers von 0° reducirte Messungen ordnete ich von Zehntel zu Zehntel Grad und leitete daraus die den ganzen Graden entsprechenden Größen durch Interpolation her, indem ich annahm, daß die Logarithmen der Spannkräfte bei Temperaturdifferenzen von etwa 1° eine arithmetische Reihe der ersten Ordnung bildeten. Folgende Tafel enthält diese Messungen; die Spannkräfte zwischen 25° und 80° habe ich aus meiner früheren Schrift entnommen [6]).

---

6) Untersuchungen u. s. w. S. 41.

t	Spann-kraft	t	Spann-kraft	t	Spann-kraft	t	Spann-kraft
— 15°	0''',483	— 2°	1,688	11°	5''',066	35°	28''',593
— 14	0,545	— 1	1,865	12	5,503	40	39,231
— 13	0,620	0	2,037	13	5,956	45	54,074
— 12	0,686	1	2,253	14	6,409	50	72,801
— 11	0,747	2	2,455	15	6,903	55	96,594
— 10	0,808	3	2,711	16	7,490	60	126,338
— 9	0,865	4	2,935	17	8,049	65	163,879
— 8	0,977	5	3,190	18	8,708	70	211,203
— 7	1,103	6	3,472	19	9,278	75	268,331
— 6	1,186	7	3,775	20	10,004	80	336,000
— 5	1,280	8	4,068	21	10,860		
— 4	1,416	9	4,428	25	14,323		
— 3	1,536	10	4,698	30	20,347		

Um aus dieser Tafel noch die kleinen von den Beobachtungsfehlern herrührenden Unregelmäßigkeiten zu entfernen, müssen wir einen Ausdruck herleiten, welcher den Gang der Elasticität ziemlich annähernd darstellt. Da die physicalischen Principien, auf denen dieser Ausdruck beruht, bisher noch nicht gefunden sind [7]), so müssen wir eine empirische Formel aufsuchen, welche die Zunahme der Elasticität mit der Temperatur einigermaßen annähernd darstellt. Ich habe früher einen Ausdruck entwickelt, welcher den ältern Beobachtungen unter der Temperatur des siedenden Wassers hinreichend genügt [8]); jedoch ist die Berechnung der Spannkraft für einen gegebenen Thermometerstand nach diesem Ausdrucke sehr weitläuftig. Mayer [9]) hat eine Formel vorgeschlagen, vermittelst deren sich diese Berechnung einfacher ausführen läßt. Ist nämlich E die einer Temperatur t entsprechende Expansivkraft, so ist

$$\log E = B + \log(213{,}33 + t) - \frac{C}{213{,}33 + t}$$

---

7) Arago und Dulong in Schweigger's Jahrb. N. R. XXIX, 200.

8) Untersuchungen S. 48.

9) Comment. Soc. Reg. Gott. 1808. p. 1. Untersuchungen S. 54.

wo B und C constante durch die Beobachtungen zu bestimmende Größen sind. Wenn auch die Gründe, auf denen diese Formel beruht, nicht ganz naturgemäß zu seyn scheinen [10]), so will ich dieselbe hier doch anwenden, da die Resultate sich innerhalb der gegebenen Gränzen nicht sehr von der Wahrheit entfernen dürften. Werden die Constanten entwickelt, so ergiebt sich mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate

$$\log E = 5{,}642997 + \log(213{,}33 + t) - \frac{1635{,}05}{213{,}33 + t}$$

Folgende Tafel enthält eine Vergleichung der beobachteten Werthe mit den berechneten.

t	E Beobachtet	E Berechnet	Unterschied
−15°	0''',483	0''',497	+0''',014
−14	0,545	0,549	+0,004
−13	0,620	0,607	−0,013
−12	0,686	0,669	−0,017
−11	0,747	0,738	−0,009
−10	0,808	0,813	+0,005
−9	0,865	0,894	+0,029
−8	0,977	0,983	+0,006
−7	1,103	1,079	−0,024
−6	1,186	1,184	−0,002
−5	1,280	1,298	+0,018
−4	1,416	1,422	+0,006
−3	1,536	1,557	+0,021
−2	1,688	1,702	+0,014
−1	1,865	1,860	−0,005
0	2,037	2,031	−0,006
1	2,253	2,215	−0,038
2	2,455	2,415	−0,040
3	2,711	2,630	−0,081
4	2,935	2,863	−0,072
5	3,190	3,113	−0,077

10) Untersuchungen S. 69.

t	E		Unterschied
	Beobachtet	Berechnet	
6°	3''',472	3''',383	—0''',089
7	3,775	3,674	—0,101
8	4,068	3,987	—0,081
9	4,428	4,324	—0,104
10	4,698	4,685	—0,013
11	5,066	5,073	+0,007
12	5,503	5,490	—0,013
13	5,956	5,937	—0,019
14	6,409	6,415	+0,006
15	6,903	6,929	+0,026
16	7,490	7,478	—0,012
17	8,049	8,065	+0,016
18	8,708	8,682	—0,026
19	9,278	9,363	+0,085
20	10,004	10,081	+0,077
21	10,860	10,846	—0,014
25	14,323	14,446	+0,123
30	20,347	20,404	+0,057
35	28,593	28,434	—0,159
40	39,231	39,125	—0,106
45	54,074	53,194	—0,880
50	72,801	71,511	—1,290
55	96,594	95,113	—1,481
60	126,338	125,234	—1,104
65	163,879	163,327	—0,552
70	211,203	211,086	—0,117
75	268,331	270,477	+2,146
80	336,000	343,762	+7,762

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Größen innerhalb der Gränzen, in denen die Messungen angestellt worden sind, ist so, daß man den Ausdruck als ziemlich der Natur entsprechend ansehen darf. Für Temperaturen über 80° genügt übrigens die Formel nicht mehr; benutzt man die neueren Messungen der pariser Academie, so werden die Constanten des

Ausdruckes etwas geändert, die Uebereinstimmung in höheren Temperaturen wird freilich etwas größer, aber auch dadurch erhält man keinen Ausdruck, welcher den Messungen in niedrigen und hohen Temperaturen mit gleicher Vollständigkeit genügt. Ohne hier in eine weitere Erörterung des Gegenstandes einzugehen, genüge hier nur die Bemerkung, daß bei der gedachten Hypothese eine Forderung gemacht wird, welche durch die Beobachtungen nicht bestätigt wird. Die ursprüngliche Gestalt des Ausdruckes ist nämlich

$$E = \mu\alpha\,(1 + At)\; e^{\frac{-\gamma}{(1+At)^m}}$$

wo α, μ, γ, m constante durch die Versuche näher zu bestimmende Größen sind, während e die Basis der natürlichen Logarithmen, A den Coeffizenten für die Ausdehnung der Luft durch die Wärme von 1° R. $= \left(\frac{1}{213,33}\right)$ bezeichnet. Wird hier m = 1 gesetzt, so ergiebt sich der obige Ausdruck, es scheint aber, daß er etwas größer als 1 und etwas größer als 2 sey.

So einfach auch die Berechnung der Expansivkraft der Dämpfe nach dieser Formel ist, so ist es doch eine beschwerliche und viel Zeit erfordernde Arbeit, sobald man eine große Zahl von Beobachtungen zu vergleichen hat. Ich gebe deshalb in folgender Tafel die Elasticität des Dampfes in Pariser Linien und für Grade des hundertheiligen Thermometers für jedes Zehntel eines Grades von — 35° bis 35°.

	0°,8	0°,9	t
3	0‴,13	0‴,13	— 34° C
	0,14	0,14	— 33
	0,15	0,15	— 32
	0,16	0,16	— 31
	0,18	0,18	— 30
	0,20	0,19	— 29
	0,21	0,21	— 28
	0,23	0,23	— 27
	0,25	0,26	— 26
	0,28	0,28	— 25
	0,30	0,30	— 24
	0,33	0,33	— 23
	0,36	0,35	— 22
	0,39	0,38	— 21
	0,42	0,42	— 20
	0,46	0,45	— 19
	0,50	0,49	— 18
	0,54	0,53	— 17
	0,58	0,58	— 16
	0,63	0,62	— 15
	0,68	0,67	— 14
	0,74	0,73	— 13
	0,79	0,79	— 12
	0,86	0,85	— 11
	0,93	0,92	— 10
	1,00	0,99	— 9
	1,07	1,07	— 8
	1,16	1,15	— 7
	1,25	1,24	— 6
	1,34	1,33	— 5
	1,44	1,43	— 4
	1,55	1,54	— 3
	1,67	1,66	— 2
	1,79	1,78	— 1
	1,92	1,91	— 0

	0°,7	0°,8	0°,9	t
.2	2''',13	2''',15	2''',16	0° C
	2,29	2,30	2,32	1
	2,45	2,46	2,48	2
	2,62	2,64	2,66	3
	2,80	2,82	2,84	4
	3,00	3,02	3,04	5
	3,21	3,23	3,25	6
	3,43	3,45	3,47	7
	3,66	3,69	3,71	8
	3,91	3,94	3,96	9
	4,17	4,20	4,23	10
	4,45	4,48	4,51	11
	4,75	4,78	4,81	12
	5,06	5,09	5,12	13
	5,39	5,42	5,46	14
	5,74	5,77	5,81	15
	6,11	6,14	6,18	16
	6,50	6,54	6,58	17
	6,91	6,95	6,99	18
	7,34	7,39	7,43	19
	7,80	7,85	7,90	20
	8,29	8,34	8,39	21
	8,79	8,85	8,90	22
3	9,34	9,39	9,45	23
5	9,90	9,96	10,02	24
4	10,50	10,57	10,63	25
7	11,13	11,20	11,26	26
3	11,79	11,87	11,93	27
2	12,50	12,57	12,64	28
6	13,23	13,31	13,38	29
2	14,00	14,08	14,16	30
3	14,82	14,90	14,98	31
8	15,67	15,76	15,85	32
7	16,57	16,66	16,75	33
1	17,51	17,61	17,70	34

Diese Tafel zeigt uns aufs Entschiedendste den wichtigen Unterschied zwischen den Gasen und Dämpfen. Während bei jenen die Elasticität für gleiche Incremente der Wärme um gleiche Größen wächst, bemerken wir bei den Dämpfen eine weit schnellere Zunahme. Sperren wir z. B. in einer Barometerröhre eine Luftmasse ab, welche auf das Quecksilber bei einer Temperatur von 0° einen Druck von 2''',03 ausübt, und erwärmen dann diese Luftmasse bis 10° C, so wird jetzt nach den Messungen von Lambert und Gay-Lussac die Elasticität 2''',11; wenn aber noch stets tropfbar flüssiges Wasser vorhanden ist, aus welchem sich neue Dämpfe entwickeln können, so nimmt die Elasticität des Dampfes weit schneller zu, denn sie erreicht bei 10° C die Größe von 3''',99, also fast das Doppelte des Obigen.

Aber es zeigt sich noch ein anderer sehr wichtiger Unterschied zwischen Dämpfen und zwischen trockenen Gasen. Gas läßt sich zwar durch eine größere Kraft in einen kleineren Raum zusammendrängen, nach dem Gesetze von Mariotte wächst seine Elasticität in demselben Verhältnisse, in welchem das Volumen kleiner wird. Wenn wir aber Dämpfe nebst tropfbarem Wasser in der Torricellischen Leere absperren, so daß sich stets so viel Dämpfe entwickeln können, als der Raum fassen kann, dann können wir das Volumen beliebig vermindern, die Expansivkraft bleibt stets dieselbe. Ein Theil der Dämpfe kann nicht mehr als Dämpfe in diesem Raume existiren, sie schlagen sich nieder und verwandeln sich in tropfbares Wasser. Gesetzt, man vermindere den Raum, welcher mit Dämpfen gesättigt ist, d. h. welcher so viel Dämpfe enthält, als er bei der gegebenen Temperatur nur fassen kann, plötzlich um die Hälfte, so schlägt sich eine Hälfte des Dampfes als tropfbares Wasser nieder, während die andere Hälfte noch im elastischen Zustande bleibt und dieselbe Spannkraft behält; so wie jedoch der Raum wieder vergrößert wird, entwickeln sich aufs Neue Dämpfe [11]).

Nur in einem Falle folgen die Dämpfe dem Gesetze von Mariotte. Man bringe so wenig Wasser in den luftleeren Raum, daß derselbe sich nicht mit Dämpfen sättigen kann. Die Temperatur betrage 20°; ist dabei der Raum gesättigt, so beträgt

---

11) Dalton in Gilbert's Annalen XV, 20.

die Elasticität 7''',48; es sey aber nur so wenig Wasser vorhanden, daß, nachdem sich alles in Dampf verwandelt hat, der Druck nur 2''' betrage. Vermindern wir nun das Volumen des Dampfes auf die Hälfte, so beträgt die Elasticität 4''', gerade so wie es bei trockener Luft der Fall seyn würde; dieses geschieht so lange, bis die aus dem Mariotte'schen Gesetze folgende Elasticität gleich dem Drucke des Dampfes bei dieser Temperatur ist; wird der Dampf dann noch weiter comprimirt, so bleibt die Elasticität unverändert. Hätten wir also das Volumen des Dampfes im obigen Falle auf das Viertel des ursprünglichen reducirt, so würde er nach dem Mariotte'schen Gesetze eine Elasticität von 8''' erhalten haben; die Erfahrung zeigt aber nur 7''',48, es hat sich ein Theil des Dampfes niedergeschlagen.

Wenn der Raum nicht mit Dämpfen gesättigt ist, dann folgt derselbe auch den gewöhnlichen Gesetzen für die Ausdehnung der Gase. Bezeichnen wir das Volumen irgend einer Gasart bei der Temperatur des thauenden Eises mit V, das bei der Temperatur von t^0 mit V', so ist nach den Versuchen von Gay-Lussac [12])

$$V' = V(1 + 0{,}00375\,t).$$

Jedoch auch hier gilt dieses bei der Erkaltung nur so lange, bis die Elasticität gleich der ist, welche der Dampf im Zustande der Sättigung bei dieser Temperatur hat. Fahren wir dann mit der Depression der Wärme weiter fort, so schlägt sich stets so lange ein Theil des Dampfes nieder, bis die Expansivkraft des Ueberrestes gleich der des Dampfes bei dieser Temperatur ist. Gesetzt, man erkalte in unserem Beispiele den Dampf bis 0°, so würde die Elasticität 3''',72 betragen; aber Dampf von diesem Drucke kann bei 0° nicht existiren, es schlägt sich ein Theil nieder und der Ueberschuß behält die Elasticität von 2''',03 [13]).

Aeltere Physiker, welche ihre Versuche über die Verdunstung stets in freier Atmosphäre anstellten, glaubten, daß die Verdunstung in einer Art von Auflösung bestehe. Gerade so wie die Theilchen eines Salzes, welches vom Wasser aufgelöst wird,

---

12) Gay-Lussac in Gilbert's Annalen XII, 255.

13) Gay-Lussac l. l. de Luc Idées I, 263. §. 8.

sich in den Zwischenräumen von diesem befinden, so sollte der Wasserdampf zwischen den Theilen der atmosphärischen Luft enthalten seyn. Gegen diese Ansicht, welche wir in den meisten Schriften des vorigen Jahrhunderts antreffen, sprechen indessen mehrere Versuche. Nach dieser Theorie war es wahrscheinlich, daß verschiedene Luftarten auch eine verschiedene auflösende Kraft auf das Wasser äußerten; zugleich aber folgte daraus, daß im luftleeren Raume keine Dämpfe existiren könnten, weil hier ja kein Mittel vorhanden war, in welchem diese Auflösung möglich wäre. Als daher Wallerius und mehrere andere Physiker gefunden hatten, daß sich auch im luftleeren Raume Dämpfe bilden könnten, so waren sie nicht wenig über dieses den herrschenden Ansichten widersprechende Phänomen erstaunt. Wallerius folgerte daher aus seinen Versuchen, daß bei der Bildung der Dämpfe eine abstoßende Kraft wirken müsse [14]).

Das Wesen dieser abstoßenden Kraft, deren Existenz Wallerius mehr geahnet als deutlich erkannt hatte, wurde erst durch die fast gleichzeitigen Arbeiten von Lavoisier, de Luc, Saussure und Black näher festgestellt. De Luc sah die Dämpfe nur als eine besondere Verbindung der Wärme mit dem Wasser an, ohne irgend eine Auflösung anzunehmen [15]). Schon früher hatte Lavoisier eine solche Verbindung der Elemente mit der Wärme bei allen Gasen vermuthet [16]), und Saussure nahm ebenfalls an, daß der Dampf eine solche Verbindung der Wärme mit den Körpern sey, glaubte jedoch, daß sich diese elastischen Dämpfe dann chemisch mit der Luft verbänden [17]). Erst als Black seine Versuche über die Wärme anstellte, wurde die eigenthümliche Rolle, welche dieses Agens hiebei spielt, näher bestimmt. Wenn wir Wasser in einem offenen Gefäße erwärmen, so steigt seine Temperatur desto mehr, je länger die Hitze einwirkt, es erhält endlich eine Wärme von 100, möge jetzt aber die einwirkende Wärme noch so groß seyn, die Temperatur des Wassers

---

14) Schwed. Abh. für 1746, IX, 276.

15) de Luc Idées I, 24. §. 2.

16) Mémoires de l'Acad. des Scienc. 1777. p. 420 bei Saussure Hygrometrie S. 217. §. 184.

17) Saussure Hygrometrie S. 224. §. 191.

steigt nicht höher, nur entweichen die Dämpfe viel schneller, und auch diese haben nur eine Temperatur von 100°. Ist das Gefäß verschlossen, können also die Dämpfe nicht entweichen, so sind wir im Stande, dem Wasser eine Wärme mitzutheilen, welche die von 100° viel übersteigt; so wie wir aber das Gefäß öffnen, entweicht ein großer Theil des Wassers in Dampfgestalt und die Wärme sinkt sehr schnell auf 100° herab. Nehmen wir ein Pfund Wasser, dessen Temperatur 0° beträgt, und ein Pfund Wasser von 100°, und mengen dann beide zusammen, so ist die Wärme der Mischung genau dem arithmetischen Mittel von beiden gleich, sie beträgt also 50°. Hätten wir ein Pfund Wasser von 100° und neun Pfund Wasser von 0° genommen, so hätte die Mischung eine Temperatur von $\frac{0+100^\circ}{9+1} = 10^\circ$ gehabt. Ganz anders ist der Erfolg, wenn wir diesen Versuch mit Dampf anstellen. Verwandeln wir ein Pfund Wasser in Dampf, dessen Wärme 100 beträgt, und lassen diesen in Wasser von 0° strömen, so wird er niedergeschlagen, aber die Temperatur ist weit höher, als es bei der Anwendung von tropfbarem Wasser der Fall ist; statt daß bei diesem in dem zuletzt betrachteten Beispiele die Wärme der Mischung nur 10° beträgt, steigt sie nun zu mehr als 50°.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen folgerte Black[18]), daß die Wärme mit den Theilchen des Wassers im Dampfe auf eine solche Art verbunden sey, daß sie nicht auf das Thermometer wirken könne. Erhitzen wir siedendes Wasser in einem offenen Gefäße, so strömt zwar noch stets Wärme in das Wasser, aber die Temperatur von diesem steigt nicht, die Wärme verbindet sich mit dem entweichenden Dampfe, sie wird dazu verwendet, die Theilchen des Dampfes als solche zu constituiren, und kann nicht nach außen auf das Thermometer wirken. Deshalb nannte Black dieselbe gebundene oder latente Wärme, im Gegensatze der freien Wärme, welche ihr Vorhandenseyn durch Einwir-

---

18) Die Lectures on chemistry konnte ich nicht benutzen. Die Theorie selbst ist in den meisten Lehrbüchern der Physik und Chemie abgehandelt. Ich erwähne besonders Robison Mech. philos. II, 108. Thomson system of chemistry. 8. London 1820. I, 45. Biot Traité de physique IV, 686. Baumgartner Naturlehre 3te A. S. 424. Muncke in Gehler's Wörterb. II, 287.

kung auf das Thermometer zu erkennen giebt. Wird das Wasser in verschlossenen Gefäßen erhitzt, so kann der Dampf nicht entweichen, er entzieht also den umgebenden Körpern nicht einen Theil ihrer Wärme und die Temperatur des Wassers steigt über 100°. Wenn umgekehrt der Dampf niedergeschlagen wird, so verwandelt er sich im ersten Momente in tropfbar flüssiges Wasser von 100°, die latente Wärme wird ebenfalls frei und letztere ist Ursache, daß wir mit einem Pfunde Dampf eine weit größere Wassermenge erwärmen können als mit einem Pfunde Wasser von derselben Temperatur.

Die Menge von Wärme, welche auf diese Art bei der Verwandlung des Wassers in Dämpfe gebunden wird, läßt sich durch den zuletzt genannten Versuch am einfachsten bestimmen. Man läßt durch eine Röhre eine beliebige Menge Wasserdampf in kaltes Wasser strömen und beobachtet, um wie viel die Temperatur von diesem steigt. Die Menge und Temperatur des Dampfes, so wie die des Wassers vor und nach dem Versuche müssen genau bekannt seyn. Soll jedoch der Versuch ein genaues Resultat geben, so sind mancherlei Vorsichtsmaßregeln nöthig. Das Wasser in dem Kühlgefäße, welches durch den Dampf erwärmt werden soll, strahlt in jedem Momente Wärme aus; je höher nun seine Temperatur wird, desto lebhafter erfolgt diese Ausstrahlung, und jene steigt daher nicht so sehr, als ohne diesen Umstand der Fall seyn würde. Durch eine sinnreiche Abänderung des Versuches hat Rumford diesen Uebelstand vermieden. Er nimmt das Wasser so, daß es einige Grade kälter ist, als das Zimmer; hierauf läßt er so lange Dampf hineinströmen, bis seine Wärme um dieselbe Größe die des Zimmers übersteigt. Dadurch findet eine vollkommene Compensation Statt, denn eben so viel Wärme als vorher von den umgebenden Körpern in das Gefäß strahlte, eben so viel strahlt nun von diesem zu jenen [19]). Da bei dieser Operation auch das Gefäß erwärmt wird, so müssen wir zugleich auf dieses und auf seine Wärmecapacität Rücksicht nehmen.

Ist nun m die Masse, T die Temperatur des Dampfes, M die Masse und t die Temperatur des Kühlwassers mit Einschluß des Gefäßes, T' die Temperatnr der Mischung nach dem Ver-

19) Rumford in Gilbert's Annalen XLIV, 12.

suche und X die latente Wärme des Wasserdampfes, so hat sich die Wärme des Wassers um die Größe $T' - t$ geändert, und es hat letzteres also eine Wärmemenge erhalten, die wir durch $M(T' - t)$ bezeichnen wollen. Die Wärme des Dampfes nahm um die Größe $T - T'$ ab; da dieser Dampf in Wasser verwandelt wurde, so haben wir für die durch seine Einwirkung als solches erzeugte Wärme die Größe $m(T - T')$; aber dieser Dampf hatte noch eine Menge latenter Wärme, welche gleich mX war. Da die Wärme, welche der Dampf verlor, gleich der ist, welche das Wasser erhielt, so wird [20])

$$m(T - T') + mX = M(T' - t)$$

und hieraus folgt

$$X = \frac{M}{m}(T - t) - T + T'$$

In einem Versuche, welchen Despretz anstellte [21]), befanden sich 15956,3 Grammen Wasser in einem kupfernen Gefäße, welches 3107,3 Grammen wog. Sehen wir die Wärmecapacität des Wassers als Einheit an, so ist die des Kupfers 0,095; das Gewicht des Gefäßes auf Wasser reducirt, beträgt 294,88 Gr., und es ist mithin $M = 15956,3 + 294,88 = 16251,18$ Gr.; ferner war $m = 204,8$ Gr., $T = 100^\circ$, $t = 22^\circ$, $T' = 29^\circ,58$, und hieraus folgt $X = 530^\circ,9$ als latente Wärme des Dampfes von 100°. In zwei andern Reihen von Versuchen erhielt er 531° und 540°. Wenig abweichend hievon ist das Resultat von Watt, welcher in einer sorgfältigen Reihe von Versuchen 527°,8 erhielt [22]). Eben so erhielt Southern im Mittel aus drei Versuchen 525°, oder wenn wir den einen dieser Versuche, welcher ein zu kleines Resultat giebt, weglassen, 537°,5 [23]). Nahe dieselbe Größe, nämlich 537°,2 fand auch Ure bei seinen Versuchen [24]); in der Folge än-

20) Tredgold on steam engine. 4. London 1827. p. 49. Muncke in Gehler's Wörterbuch II, 290.

21) Despretz Traité p. 101 bei Muncke in Gehler's Wörterbuch II, 290. Annales de chimie XXIV.

22) Robison Mech. phil. IV, 6.

23) Ibid. p. 165.

24) Phil. Trans. for 1818. p. 388.

änderte er diese Größe indessen auf 555°,5 ab [25]). Aus einer Reihe älterer Messungen leitete Schmidt die Größe von 540° her [26]), in der Folge gab er indessen dem Resultate von Despretz den Vorzug [27]). Abweichender von den gegebenen Größen sind die Resultate von Parrot, nach denen sie nur 524° beträgt [28]), während sie nach Rumford die Größe von 567°, nach Lavoisier und Laplace die von 555° erreicht [29]). Wir können nach den besseren unter diesen Messungen die latente Wärme des Dampfes von 100° nahe zu 535° annehmen; der Dampf des siedenden Wassers selbst besitzt also theils gebunden theils frei eine Wärmemenge, welche gleich 635° ist.

Obgleich schon durch diese älteren Versuche erkannt war, daß die Wärme bei der Verdunstung die Hauptrolle spiele, so war man doch noch nicht darüber einig, welchen Einfluß die Luft hier äußere. Schon Saussure machte darauf aufmerksam, daß Wasserstoffgas und Kohlensäure genau dieselbe Menge von Wasserdampf enthielten, als dieselbe Menge atmosphärischer Luft [30]). Zu demselben Resultate kamen auch Clement und Desormes. Wurden beliebige Gase mit Wasserdampf gesättigt und hierauf über geglühtem Chlorkalk getrocknet, so gaben gleiche Volumina dieser Gase stets dieselbe Menge von Wasser ab, sobald sie nur einerlei Temperatur hatten [31]). Ungeachtet der Einwendungen von Berthollet [32]) überzeugte man sich besonders durch die Versuche Dalton's von der Unrichtigkeit des Auflösungssystems [33]). Dalton fand, daß die Expansivkraft der Dämpfe bei derselben Temperatur stets gleich sey, mochten dieselben sich nun in einem luftleeren oder in einem mit beliebigen

25) Ure Handwörterbuch der Chemie, Art. Wärme S. 961.

26) Gren's Neues Journal IV, 312.

27) G. G. Schmidt Handbuch der Naturlehre. 8. Gießen 1826. S. 420.

28) Theoretische Physik II, 54 bei Muncke l. l.

29) Muncke l. l.

30) Saussure Hygrometrie S. 193. §. 168.

31) Gilbert's Annalen XIII, 143.

32) Ibid. p. 145.

33) Ibid. XV, 24.

Gasen oder andern Dämpfen erfüllten Raume befinden, wofern nur dieser Raum stets mit Dämpfen gesättigt war. Befindet sich in einem Raume ein Gas, welches den Druck a ausübt und lassen wir bei einer Temperatur t Wasserdampf hineintreten, so wird jetzt der Druck a + b werden, wenn b die Expansivkraft des Dampfes bei der Temperatur t bezeichnet. Vorausgesetzt aber wird hierbei, daß der Raum, welchen das Gas und der Dampf jetzt zusammen einnehmen, nicht größer wird, als der, welchen jenes allein einnahm; ist dieses nicht der Fall, wird z. B. der Raum verdoppelt, dann übt die Luft nach dem Mariotteschen Gesetze auch nur den halben Druck aus, und wir erhalten $\frac{1}{2}$ a + b.

Diese Untersuchungen, welche in der Folge von Gay-Lussac[34]) bestätigt wurden, führten zu einer Ansicht über die Rolle, welche die Luft hiebei spielt, welche der der ältern Physiker völlig entgegengesetzt war. Während nämlich die Verdunstung im luftleeren Raume momentan erfolgt und ein solcher sogleich mit Dämpfen gesättigt wird, so wie wir Wasser hineintreten lassen, ist einige Zeit erforderlich, wenn ein mit Luft erfüllter Raum gesättigt werden soll; diese Zeit ist desto länger, je größer der Druck ist, welchen die Luft ausübt.

So sehen wir also einerseits, daß die Luft durchaus keine Einwirkung auf die Dämpfe ausübt, indem die Spannung derselben bei gleichbleibender Temperatur stets unverändert bleibt, während sie auf der andern Seite der Verbreitung der Dämpfe einen mechanischen Widerstand entgegenstellt. Ueber die Art, wie sich beide in und neben einander befinden, sind seit der Zeit, wo Dalton jenes Gesetz bekannt machte, mehrere Hypothesen aufgestellt worden; ohne hier in eine weitläuftige Discussion dieses mehr in die theoretische Physik gehörigen Gegenstandes einzugehen, scheint mir die bereits oben (S. 45) aufgestellte Meinung, nach welcher verschiedenartige Gase sich gegenseitig als träge Körper durchdringen, und welche öfter mit dem Namen des Daltonschen Gesetzes bezeichnet wird, die einfachste und naturgemäßeste zu seyn. Der Dampf dringt in die Poren der Luft und füllt diese so lange an, bis sie gesättigt sind; da diese Poren klein

34) Biot Traité de physique I, 301.

sind, so verfließt einige Zeit, ehe er durch dieselben hindurch dringen kann, und so wird der Raum erst später mit Dämpfen gesättigt.

Das Streben der Dämpfe durch die Poren eines trockenen Gases hindurchzuströmen, also die Schnelligkeit der Verdunstung, hängt offenbar von der Temperatur ab. Gesetzt, der Druck der Luft bliebe derselbe, aber dieselbe Wassermenge habe in einem Falle eine Temperatur von 20°, in einem andern die von 100, so ist die Spannung des Dampfes im letzten Falle nahe 50 Mal größer, er wird also mit der 50fachen Kraft durch die Poren der Luft getrieben, und es verdunstet 50 Mal so viel Wasser in derselben Zeit. Dieses Resultat, welches sehr einfach aus der Theorie folgt, ist durch die Versuche Dalton's aufs vollkommenste bestätigt worden. Ließ er Wasser aus demselben Gefäße verdunsten, so verhielten sich die Mengen des verdunsteten Wassers genau wie die Expansivkräfte, welche der Dampf bei diesen Temperaturen hatte [35]). Enthielt aber die Luft schon Dämpfe, so war die Verdunstung so, als wenn die Temperatur des Wassers einer Elasticität entsprochen hätte, welche gleich der des Dampfes bei der wirklichen Temperatur, weniger der des in der Atmosphäre enthaltenen Dampfes ist. Hätten wir Wasser von den Wärmegraden 30° und 100°, so könnten wir die Mengen von Wasser, welche verdunsten, durch die Zahlen 13,46 und 336 bezeichnen, aber diese gelten nur für trockene Luft; enthielte die Atmosphäre schon eine Dampfmenge von dem Drucke von 5‴, so würde unter übrigens gleichen Umständen nur so viel Wasser verdunsten, als bei Temperaturen der Fall seyn würde, denen die Expansivkraft von 8‴,46 und 331‴ entspricht. Dalton hat sich bemüht, die Menge von Wasser zu bestimmen, welche aus einem kreisförmigen Gefäße von 6 Zoll (englisch) in der Minute in trockner Luft verdunstet. Diese beträgt bei 100° C bei vollkommener Windstille 120, bei einem lebhaften Winde 154 und bei einem Sturme 189 englische Gran [36]). Bei lebhaftem Winde

35) Gilbert's Annalen l. l.

36) Man kann hiernach Tafeln entwerfen, welche angeben, wie viel Wasser in der Minute bei beliebiger Temperatur verdunstet. Daniell Meteor. Ess. p. 164 giebt eine solche, deren Nutzen ich nicht einsehe.

muß offenbar die Verdunstung auch nach dem Dalton'schen Gesetze viel schneller erfolgen, weil in jedem Momente trockene Luftschichten ankommen, in deren zunächst liegende Poren der Dampf eindringen kann [37]).

Um die Dichtigkeit des Wasserdampfes zu finden, bringt man eine gegebene Menge von Wasser in den luftleeren Raum des Barometers. Nach und nach wird dieses Wasser erwärmt, es entwickeln sich stets neue Dämpfe, endlich aber kommt ein Punkt wo alles Wasser verschwunden ist; man lernt diesen dadurch kennen, daß man den Apparat noch weiter erwärmt und bei bestimmten Temperaturen die Spannung beobachtet, indem diese nämlich eben so wächst als bei trockenen Gasen. Hiernach ist man im Stande, die Wärme, bei welcher der Raum kein Wasser mehr enthielt und eben mit Dämpfen gesättigt war, mit Schärfe zu bestimmen. Da nun das Volumen des Dampfes und das Gewicht des Wassers bekannt waren, so läßt sich das Gewicht des Wasserdampfes bei beliebiger Temperatur und beliebigem Drucke leicht bestimmen. In einem Versuche, welchen Saussure anstellte, wog ein Kubikfuß Dampf bei einer Temperatur von $18^\circ,95$ 11,069 Gran; Dampf von dieser Wärme hat aber eine Elasticität von $7''',01$ [38]). Um hieraus das Gewicht bei beliebigen Temperaturen herzuleiten, nehmen wir dieselben Rechnungen vor, als bei trockenen Gasen; um jedoch hier einen festen Punkt zur Vergleichung zu haben, bestimmt man das Gewicht eines Kubikfußes Dampf bei der Wärme von 100° und einem Drucke von $336'''$. Wäre es möglich, den Dampf von $18^\circ,95$ Wärme einem Drucke von $336'''$ zu unterwerfen, so würde sein Gewicht $\frac{336 \,.\, 11{,}069}{7{,}01} = 530{,}54$ betragen; wenn aber dieser Dampf von $18^\circ,95$ bis 100° erwärmt wird, so nimmt er ein

37) Kratzenstein, der schon 1744 die Auflösungstheorie bestritt und für jene Zeit sehr gute Ansichten über die Natur der Dämpfe aufstellte, gab schon einen ähnlichen Grund an. Chr. Gottlieb Kratzenstein Abhandlung von dem Aufsteigen der Dünste und Dämpfe, welche von der Academie zu Bordeaux den Preiß erhalten. 2te Aufl. 8. Halle 1746. S. 53.

38) Saussure Hygrometrie §. 127 giebt $6''',863$; mir scheint die oben gegebene Größe richtiger.

größeres Volumen ein; leiten wir daraus das Gewicht eines Kubikfußes her, so erhalten wir 418,84 Gran. Nun wiegt ein Kubikfuß Wasser bei der Temperatur der größten Dichtigkeit 645341,184 pariser Gran; sehen wir diese Größe als Einheit an, so wird die Dichtigkeit des Dampfes 0,0006405.

Verschiedene Physiker haben sich bemüht, diese Größe genau zu bestimmen; die Resultate der Messungen von Schmidt, Saussure, Davy, Clement und Desormes, Anderson, Muncke, Gay-Lussac und Mayer habe ich an einem andern Orte ausführlicher mitgetheilt [39]); in der Folge hat Despretz noch sorgfältigere Messungen angestellt [40]). Nehmen wir das Mittel aus den besseren derselben, so können wir annehmen, daß die Dichtigkeit des Dampfes bei 100° C und einem Drucke von 336‴ nahe 0,0006 sey, und hiernach wiegt ein Kubikfuß Dampf unter den gedachten Umständen 387,21 Gran.

Eine directe Messung der Dichtigkeit des Wasserdampfes ist jedoch besonders deshalb sehr schwierig, weil man nur mit großer Mühe den Punkt bestimmen kann, bei welchem der Raum eben gesättigt ist. Deshalb scheint die stöchiometrische Herleitung dieser Größe Beachtung zu verdienen. Nun bilden zwei Raumtheile Hydrogen und ein Theil Oxygen, zwei Theile Wasserdampf. Sehen wir die Dichtigkeit der trockenen atmosphärischen Luft als Einheit an, so ist die des Oxygens 1,10394 (S. 42), die des Hydrogens 0,06885 [41]), und hiernach würde die Dichtigkeit des Wasserdampfes 0,62082 seyn. Bei einer Temperatur von 3°,42 und einem Drucke von $0^m,76$ (336‴,905) ist aber die Dichtigkeit der Luft 0,00128308 [42]); wird diese Größe auf die Wärme von 100° reducirt, so wird sie 0,00093409 und hiernach die Dichtigkeit des Wasserdampfes unter denselben Umständen 0,0005799, und es wiegt mithin ein Kubikfuß Dampf 374,24 Gran. Diese Größe, welche sich von der oben gegebenen nur sehr wenig entfernt, scheint mir den Vorzug zu verdienen. Hätte ich statt der Abwägung des Hydrogens von Dulong und

39) Untersuchungen S. 82.

40) Annales de chimie XXI, 143.

41) Berzelius Chemie I, 188.

42) Biot Traité I, 389.

Berzelius die ältere von Biot und Arago genommen, nach welcher seine Dichtigkeit 0,07321 ist [43]), so würden beide Größen noch näher gekommen seyn. Bei einer Wärme von 0° ist die Dichtigkeit des Quecksilbers 10463, die der trockenen Luft als Einheit angesehen (S. 47); hätte die Luft eine Wärme von 100°, so wäre diese Größe 14386, und sehen wir die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei 100° als Einheit an, so ist die des auf 0° reducirten Quecksilbers 23174.

Aus dem Gesagten folgt von selbst, daß die Dichtigkeit feuchter Luft bei derselben Wärme und demselben Druck geringer ist, als die der trockenen. Wenn wir indessen erwägen, daß die Dämpfe blos durch die Poren der Luft hindurchdringen, ohne auf diese irgend eine mechanische Einwirkung zu äußern, so müssen wir nach dem Dalton'schen Gesetze stets beide Atmosphären von einander trennen. Vergleichen wir das Gewicht der ganzen Atmosphäre, also den Barometerstand unter verschiedenen Umständen, einmal wo die Luft wenig, sodann wenn sie viel Dämpfe enthält, so wird der Druck im letzteren Falle um das Gewicht der hinzugekommenen Dämpfe größer. Diese Behauptung, nach welcher der Druck feuchter Luft größer ist, als der der trockenen, steht freilich mit den herrschenden Ansichten und der gewöhnlichen Erfahrung in unsern Gegenden im Widerspruche; daß aber bei uns das Barometer bei feuchten SW Winden niedriger steht, als bei den trockenen NO Winden, ist eine Wirkung anderer Ursachen als des Wasserdampfes (s. Barometerschwankungen).

Ohne hier die Eigenschaften der Dämpfe weiter zu verfolgen, wollen wir uns zur Betrachtung des Dampfes in der Atmosphäre wenden. Wäre die Erde nicht von der Atmosphäre umgeben, so würde der Raum um die Erde stets mit Dämpfen gesättigt seyn, so wie sich aber die Temperatur etwas erniedrigte, so würde sogleich ein Niederschlag erfolgen. Beim jetzigen Zustande unserer Atmosphäre findet diese momentane Sättigung nicht Statt, wir finden, daß die Temperatur sich sehr bedeutend ändern kann, ohne daß ein Niederschlag erfolgt. Es kommt darauf an, den Dampfgehalt der Atmosphäre unter verschiedenen

43) Biot Traité I, 383.

Umständen zu bestimmen. Dazu bedient man sich der Hygrometer.

Zu einer Zeit, wo kaum Spuren einer Theorie der Dämpfe vorhanden waren, wendeten die Mitglieder der Florentiner Academie das richtige Princip an, welches der Construction der besseren Hygrometer erst in neueren Zeiten zu Grunde gelegt ist. Würde nämlich die Luft plötzlich erkaltet, so würde sie bei unverändertem Dampfgehalte dem Zustande der Sättigung immer näher kommen und endlich ein Punkt folgen, wo sie eben gesättigt ist. Wird dieser noch überschritten, so findet ein Niederschlag Statt. Kennt man also die Temperatur, bei welcher der Niederschlag sich eben zeigen würde, so ergiebt sich daraus die Elasticität des in der Luft vorhandenen Dampfes. Auf eine bequeme Art wendete dieses Princip zuerst le Roy an. Wasser, welches die Temperatur der Luft hatte, wurde durch Zugießen von kälterem Wasser nach und nach erkaltet, bis sich ein Niederschlag auf der Oberfläche des Glases bildete, und die Temperatur des Wassers sorgfältig gemessen [44]). Die bald darauf bekannt gewordenen Arbeiten von Saussure und de Luc und namentlich die Prüfung dieses Verfahrens durch den ersteren [45]) ließen indessen diese Methode in Vergessenheit kommen. In der Folge bediente sich Dalton [46]) desselben sehr häufig, aber obgleich es von Soldner dringend empfohlen wurde [47]), so beachtete es Niemand, bis Daniell im J. 1819 ein Instrument angab, mit welchem sich die Versuche leicht anstellen ließen, und welches den Namen des Daniell'schen Hygrometers erhalten hat.

Ohne hier eine Menge Abänderungen dieses ziemlich theuren Instrumentes mitzutheilen [48]), genüge es, die Vorrichtung von Bohnenberger [49]) anzugeben, welche sich

44) Mémoires de Paris 1751.

45) Saussure Hygrometrie S. 377.

46) Gilbert's Annalen XV, 129.

47) Ibid. XXXII, 219.

48) Daniell Meteor. Ess. p. 139. Muncke in Gehler's Wörterb. V, 619 beschreibt die meisten derselben.

49) Naturwissenschaftl. Abhandl. der Ges. in Tübingen II, 164.

durch Einfachheit auszeichnet und genaue Resultate geben soll. Die Kugel eines empfindlichen Thermometers wird mit einer Lage von Musselin überzogen, und über diese ein dünner gläserner Cylinder geschoben, dessen Höhe etwa 1,5 seines Durchmessers beträgt. Damit Kugel und Cylinder sich bei der Erkaltung nicht zu sehr drücken, ist es vortheilhaft, jene mit einigen Lagen Musselin zu umwickeln, ehe sie in diesen geschoben wird. Beim Gebrauche werden einige Tropfen Aether vorsichtig in den Cylinder gegossen. Durch die Verdunstungskälte sinkt das Thermometer, und eben so wie bei dem ursprünglichen Instrumente von Daniell wird die Angabe des Thermometers in dem Momente beobachtet, wie sich der erste Niederschlag zeigt.

Bei den Beobachtungen des Hygrometers verlangt man zwei Dinge zu wissen, nämlich die wirkliche Dampfmenge, d. h. entweder das Gewicht oder die Spannung des in einem Kubikfuße enthaltenen Wasserdampfes; ich will dieses den absoluten Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre nennen; sodann kann aber auch untersucht werden, wie viel Dampf die Atmosphäre noch aufnehmen kann, wenn sie bei der vorhandenen Temperatur gesättigt werden soll, es ist dieses der relative Feuchtigkeitszustand, dessen nähere Kenntniß besonders für die Lehre von den Niederschlägen von Wichtigkeit ist. Die oben für Expansivkraft gegebene Tafel setzt uns in den Stand, beide Größen mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Gesetzt, die Temperatur der Luft sey 15°, und der Thaupunkt liege bei 10°, so zeigt die Tafel, daß der Druck der Dampfatmosphäre mit einer Quecksilbersäule von 3''',99 im Gleichgewichte stehe, woraus sich dann das Gewicht des Wasserdampfes in einem Kubikfuße Luft herleiten läßt; es scheint mir aber zweckmäßiger, stets den Druck des Dampfes unsern Untersuchungen zu Grunde zu legen. Wenn aber die Wärme der Luft 15° beträgt, so kann sie eine Dampfmenge aufnehmen, welche mit einer Quecksilbersäule von 5''',49 im Gleichgewichte steht, sie kann also noch eine Menge aufnehmen, welche einen Druck von 5''',49 — 3''',99 = 1''',5 ausübt. Um diesen relativen Feuchtigkeitszustand auf eine bequeme Art auszudrücken, ist es am besten, die Dampfmenge, welche die Atmosphäre enthält, als Einheit anzusehen, und die wirklich vorhandene als aliquoten Theil dieser Größe anzugeben. So beträgt dieselbe in unserm Beispiele

$\frac{3,99}{5,49} = 0,75$, d. h. die Dampfmenge, welche sich wirklich in der Atmosphäre befindet, ist nur etwa $\frac{3}{4}$ von derjenigen, welche sie bei einer Wärme von 15° aufnehmen kann.

Bisher sind mit diesem Instrumente nur wenig regelmäßige Beobachtungen angestellt worden. Die einzigen Journale, welche ich kenne, sind die von Daniell selbst in London, von Neuber in Apenrade [50]) und der königlichen Societät in London. Die beiden ersten geben in ihren Journalen die Wärme der Luft und den Thaupunkt. Es ist indessen zu wünschen, daß ein Jeder, welcher Beobachtungen mit diesem Instrumente anstellt und bekannt macht, stets die Dampfmenge bei jeder einzelnen Beobachtung aufsuche und diese mittheile; wollte man das Mittel aus den beobachteten Thaupunkten nehmen und die diesem Mittel entsprechende Expansivkraft aufsuchen, so würde man sich mehr oder weniger von der Wahrheit entfernen. Um die Richtigkeit dieser Behauptung zu zeigen, will ich zehn willkürliche Beobachtungen aus dem Journale von Daniell auswählen (Mai 1820 am Morgen). Dieser fand

Wärme der Luft	Thaupunkt
13°,3	5°,0
14,4	5,6
7,2	5,6
9,4	0,6
10,6	— 1,1
15,0	2,8
16,7	6,1
16,7	11,7
17,8	10,6
20,0	8,9

Nehmen wir das arithmetische Mittel der Thaupunkte, so erhalten wir 5°,6, und diesem entspricht eine Dampfmenge von einem Drucke von 2''',98. Hätten wir aber in jeder einzelnen Beobachtung den Druck der Dampfatmosphäre aufgesucht und

50) Mitgetheilt in Schumacher's astronomischen Nachrichten in jedem Hefte.

dann das Mittel dieser 10 Größen genommen, so hätten wir 3''',07 erhalten, eine Größe, welche offenbar richtiger ist. Bei Arbeiten aber, wo man vieljährige Beobachtungen an mehreren Orten vergleicht, wird sehr viel Zeit erfordert, um zunächst den Druck des Dampfes aufzusuchen, und es ist daher sehr zu wünschen, daß jeder einzelne Beobachter selbst in Zukunft die Resultate seiner Arbeit aufsuche, damit wir endlich in den Stand gesetzt werden, genauere Gesetze über die Menge des Dampfes in verschiedenen Gegenden der Erde anzugeben.

Die Londoner Societät giebt in ihrem Journal die Temperatur der Luft, ohne den Thaupunkt mitzutheilen, dagegen findet sich dabei die Angabe des relativen Feuchtigkeitszustandes, d. h. der Quotient, welchen man erhält, wenn man die wirklich in der Atmosphäre vorhandene Dampfmenge durch diejenige dividirt, welche bei der Temperatur der Luft in dieser vorhanden seyn könnte. Den Grund dieser Abänderung sehe ich nicht ein; der künftige Bearbeiter des Journals hat hier im Allgemeinen noch mehr Arbeit, als dann, wenn die Thaupunkte selbst mitgetheilt werden, denn auch hier giebt das arithmetische Mittel der Temperaturen und relativen Feuchtigkeitszustände ein Resultat, welches der Wahrheit nicht ganz entspricht. In unserm Beispiele ist die mittlere Wärme 14°1, der mittlere Feuchtigkeitszustand der Luft 0,611; wird diese Größe mit 5''',19, dem Drucke des Dampfes bei 14°,1 multiplicirt, so erhalten wir 3''',17, also etwas zu groß.

Der Apparat von Daniell ist bequem, aber wenn viele Beobachtungen angestellt werden, so wird seine Benutzung durch die Menge verbrauchten Schwefeläthers kostbar. Aber auch abgesehen hiervon führt er mehrere Uebelstände mit sich. Wenn die Luft sehr trocken ist, dann muß man sehr lange warten, ehe sich ein Niederschlag bildet, ja es kann wohl geschehen, daß die Erkaltung nicht so groß wird, daß sich ein Dampfring auf der Kugel zeigt [52]). Bei Nebeln und unter andern Umständen kann es

---

52) Dieses gilt wenigstens von einem Instrumente nach der Einrichtung von Daniell, wo ich es mehrmals, ungeachtet aller Mühe, nicht zu einem Niederschlage bringen konnte. Ob sich dieses bei andern Einrichtungen des Instruments ebenfalls ereigne, kann ich aus Mangel an Erfahrungen nicht sagen.

wünschenswerth seyn, mehrere Beobachtungen in kurzen Zeitintervallen anzustellen; auch hier eignet sich das Instrument wenig zur Anwendung, da stets einige Minuten vergehen, ehe es die Temperatur der Luft wieder annimmt.

Daher scheint es weit zweckmäßiger, das Verfahren anzuwenden, dessen sich schon Hutton bedient hatte [53]). Wird die Kugel eines Thermometers mit Musselin überzogen und dann mit Wasser angefeuchtet, so verdunstet ein Theil des letzteren, und das Thermometer steht niedriger, als ein anderes daneben hängendes mit gewöhnlicher Kugel. Wäre die Atmosphäre mit Dämpfen gesättigt, so würden beide Instrumente einerlei Stand haben, da die Luft jetzt kein Wasser mehr aufnehmen kann; je trockener sie aber ist, desto schneller verdunstet das Wasser, desto tiefer sinkt das feuchte Thermometer. Es kommt daher nur darauf an, den Unterschied zweier Thermometer, von denen eins eine unbedeckte, das andere eine mit Musselin überzogene Kugel hat, mit Genauigkeit zu beobachten. Hutton's Vorschlag wurde wenig beachtet, in der Folge wendete Leslie dasselbe Princip auf sein Differential-Thermometer an [54]), aber nur John Davy [55]) und Anderson [56]) scheinen sich desselben öfter bedient zu haben.

Durch August endlich wurde man auf dieses Verfahren aufmerksamer, um so mehr, da er eine Theorie desselben entwickelte [57]). Das Instrument, welches er Psychrometer nannte, besteht aus zwei sehr empfindlichen Thermometern, von welchen die Kugel des einen vor der Beobachtung angefeuchtet wird, jedoch so, daß daran keine Wassertropfen hängen; am bequemsten und sichersten ist es hiebei, die Thermometer frei in der Luft ohne Anwendung irgend eines Statives aufzuhängen. Aus der beobachteten Differenz beider Thermometerstände und der zugleich

53) Daniell Meteor. Essays p. 199. Brewster Edinb. Journ. of Sc. III, 148.

54) Leslie kurzer Bericht von Versuchen u. Instrumenten, die sich auf das Verhalten der Luft zur Wärme u. Feuchtigkeit beziehen, übers. von W. Brandes. 8. Leipzig 1823.

55) Brewster Edinb. Journ. of Sc. I, 62.

56) Edinb. Phil. Journ. N. XXI, 161.

57) Poggendorff's Annalen V, 69. E. F. August über die Fortschritte der Hygrometrie in der neuesten Zeit. 4. Berlin 1830.

beobachteten Barometerhöhe wird dann der Dampfgehalt der Atmosphäre auf folgende Art hergeleitet.

Indem das feuchte Thermometer sich in der Luft befindet und durch die Verdunstung deprimirt wird, ist es von einem Raume umgeben, welcher mit gesättigter Luft angefüllt ist und welcher aus drei Theilen besteht, nämlich atmosphärischer Luft, dem in dieser befindlichen und dem neu gebildeten Dampfe. Das Gewicht dieser dünnen Schicht, als trockene Luft angesehen, bei einem Barometerstande von $n = 336'''$ und einer Wärme von 0° wollen wir mit ω bezeichnen, das Gewicht eines Kubikfußes Wasser als Einheit angesehen. Der Barometerstand zur Zeit der Beobachtung sey b, die Temperatur der Luft t, die des feuchten Thermometers t'; der Temperatur t entspreche die Spannung des Dampfes e, während e' die des wirklich in der Luft vorhandenen Dampfes ist. Der Druck der trockenen Luft ist $b - e'$; bezeichnen wir das Gewicht der trockenen Luft mit L, so verhält sich

$$L : \omega = b - e' : n\,(1 + mt')$$

wo m den Ausdehnungscoefficienten der Luft für 1° bezeichnet, mithin ist

$$L = \frac{b - e'}{n} \cdot \frac{\omega}{1 + mt'}$$

Der umgebende Dunst besteht aus dem atmosphärischen und dem neu hinzugekommenen, letzterer übt also den Druck $e' - e$ aus. Ist nun D das Gewicht des atmosphärischen Dunstes, δ seine Dichtigkeit, die der Luft als Einheit angesehen, so verhält sich

$$D : \omega = \delta e : n\,(1 + mt'),\ \text{folglich}$$

$$D = \frac{e}{n} \cdot \frac{\delta\omega}{1 + mt'}$$

Ganz auf dieselbe Art erhalten wir für das Gewicht d des neu gebildeten Wasserdampfes

$$d = \frac{e' - e}{n} \cdot \frac{\delta\omega}{1 + mt'}$$

Ist nun γ die specifische Wärme der Luft, die des Wassers bei gleichem Volumen als Einheit angesehen, so erhalten wir für die

Wärmemenge, welche die Luft beim Uebergange von der Temperatur t zu t′ abgiebt,

$$L.\gamma.(t-t') = \frac{b-e'}{n} \cdot \frac{\omega}{1+mt'} \cdot \gamma(t-t')$$

Bezeichnet ferner k die specifische Wärme des Wasserdampfes, so giebt der atmosphärische Dampf eine Wärmemenge ab, welche gleich

$$D.k.(t-t') = \frac{e}{n} \cdot \frac{\delta\omega}{1+mt'} . k(t-t')$$

ist. Bezeichnet endlich λ die latente Wärme des Dampfes, so ist die von dem neu gebildeten Dampfe gebundene Wärmemenge

$$\delta\lambda = \frac{e-e'}{n} \cdot \frac{\delta.\lambda.\omega}{1+mt'}$$

Diese letztere Größe ist offenbar gleich der Wärmemenge, welche Luft und schon vorhandener Dampf abgeben; es ist also

$$\frac{b-e'}{n} \cdot \frac{\omega}{1+mt'} \cdot \gamma(t-t') + \frac{e}{n} \cdot \frac{\delta\omega}{1+mt'} . k(t-t')$$
$$= \frac{e'-e}{n} \cdot \frac{\delta.\lambda.\omega}{1+mt'}$$

und wenn wir hier die gleichen Factoren auf beiden Seiten weglassen,

$$(b-e')\gamma.(t-t') + e\delta k(t-t') = (e'-e)\delta.\lambda$$

Hieraus ergiebt sich für die Expansivkraft des in der Atmosphäre vorhandenen Dampfes

$$e = \frac{1+\frac{\gamma}{\delta\lambda}(t-t')}{1+\frac{k}{\lambda}(t-t')} e' - \frac{\frac{\gamma}{\delta\lambda}(t-t')}{1+\frac{k}{\lambda}(t-t')} . b'$$

Hier ist nach den obigen Bestimmungen die Dichtigkeit des Dampfes $\delta = 0{,}62082$, die latente Wärme des Dampfes $\lambda = 535°$; die specifische Wärme der trockenen Luft nach Laroche und Bérard $\gamma = 0{,}2669$, die des Wasserdampfes nach denselben

$k = 0{,}837$ [58]). Werden diese Zahlenwerthe in den obigen Ausdruck gesetzt, so wird

$$e = \frac{1 + 0{,}00080355\,(t - t')}{1 + 0{,}00156450\,(t - t')} \cdot e' - \frac{0{,}00080358\,(t - t')}{1 + 0{,}0015645\,(t - t')} \cdot b$$

Der Ausdruck weicht etwas von dem von August gefundenen ab. Indem derselbe bei Bestimmung der Constanten für die Dichtigkeit, latente und specifische Wärme des Dampfes Größen annimmt, welche etwas von den obigen verschieden sind, findet er

$$e = \frac{1 + 0{,}00077832\,(t - t')}{1 + 0{,}0015400\,(t - t')} \cdot e' - \frac{0{,}00077832\,(t - t')}{1 + 0{,}0015400\,(t - t')} \cdot b$$

Es sey der Barometerstand 336''', $t = 20°$, $t' = 8°$, $e = 3''',50$, und es ist also

$$e = 0{,}991 \cdot 3''',50 - 3''',18 = 3''',47 - 3''',18 = 0'''29$$

Hier in unserm Beispiele ist $t - t'$ so groß, als in unsern Gegenden selten der Fall ist; dabei ist der Coefficient von e' so wenig von 1 verschieden, daß wir diese Zahl dafür setzen können; eben so können wir den Nenner im Coefficienten von b weglassen. Dann wird

$$e = e' - 0{,}00080358\,(t - t')\,b$$

Durch diese Aenderung werden beide Glieder auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens etwas zu groß, bei der Subtraction aber verschwindet dieser Unterschied zum Theil. In unserm Beispiele wird

$$e = 3''',50 - 3''',24 = 0''',26.$$

Bohnenberger hat sich bemüht, die Constanten des Ausdruckes durch directe Beobachtungen zu bestimmen [59]). Zu gleicher Zeit verglich er die Angaben eines Daniell'schen Hygrometers und eines Psychrometers und fand

$$e = e' - \frac{0{,}289\,(t - t') \cdot b}{324}$$

58) Biot Traité IV, 426. In der ursprünglichen Bestimmung von Laroche ist ein Rechnungsfehler, indem die specifische Wärme des Wasserdampfes nicht 0,847, sondern 0,837 beträgt. Nach den Angaben bei Biot ist die specifische Wärme des Wasserdampfes 3,136, die der Luft als Einheit angesehen; auf Wasser reducirt, also mit 0,2669 multiplicirt, erhalten wir 0,837.

59) Naturwissenschaftl. Abh. II, 162.

wo die Temperatur durch Grade des Réaumurschen Thermometers ausgedrückt ist. Wird dieser Ausdruck etwas umgebildet und die Wärme in Graden des hunderttheiligen Thermometers angegeben, so wird

$$e = e' - 0{,}00071358\,(t - t')\,.\,b$$

Durch eine Reihe eben solcher Beobachtungen fand Bürg[60])

$$e = e' - \frac{0{,}33\,(t - t')\,b}{324}$$

Wird dieser für Grade des Réaumurschen Thermometers geltende Ausdruck umgebildet, so erhalten wir

$$e = e' - 0{,}00081482\,(t - t')\,b\,.$$

Der von mir gegebene Ausdruck liegt also etwa in der Mitte zwischen beiden.

Die oben gegebene Gleichung gilt indessen nur für flüssiges Wasser. Ist auf der Oberfläche des feuchten Thermometers eine dünne Eisrinde und verdunstet diese, dann ändern sich die constanten Größen etwas, weil wir noch auf die latente Wärme Rücksicht nehmen müssen, welche das Wasser beim Uebergange in Eis bindet. Nach den Versuchen von Lavoisier ist diese Größe 75°[61]) und der Werth von λ wird 610°. Setzen wir diesen in den allgemeinen Ausdruck, so erhalten wir nach Anbringung der Abkürzungen

$$e = e' - 0{,}00075\,(t - t')\,.\,b$$

So einfach sich auch die Dampfmengen nach diesem Ausdrucke berechnen lassen, so ist doch stets viel Zeit erforderlich, wenn man viele Beobachtungen zu reduciren hat. Ich gebe deshalb in folgender Tafel die Größe des zweiten von e' zu subtrahirenden Gliedes bis zu einer Temperaturdifferenz von 10° von Zehntel zu Zehntel Grad und für Barometerhöhen von 280''' bis 345''' von 5 zu 5 Linien.

---

60) Zeitschrift für Mathem. u. Physik IV, 50.

61) Biot Traité IV, 693.

Tafel

zur Herleitung des Dampfgehaltes der Atmosphäre aus den Beobachtungen des Psychrometers, wenn die Temperatur des nassen Thermometers größers als Null ist.

Hundertheiliges Thermometer.

t—t′	280‴	285‴	290‴	295‴	300‴	305‴	310‴	315‴	320‴	25‴	330‴	335‴	340‴	345‴	t—t′
0°,1	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,03	0‴,03	0‴,03	0‴,03	0‴,03	0‴,03	0‴,03	0°,1
0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,2
0,3	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,3
0,4	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,4
0,5	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,5
0,6	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,6
0,7	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,7
0,8	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,8
0,9	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,9
1,0	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	1,0
2,0	0,45	0,46	0,47	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	2,0
3,0	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	3,0
4,0	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08	1,09	1,11	4,0
5,0	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	5,0
6,0	1,35	1,37	1,40	1,42	1,45	1,47	1,49	1,52	1,54	1,57	1,59	1,62	1,64	1,66	6,0
7,0	1,57	1,60	1,63	1,66	1,70	1,72	1,74	1,77	1,80	1,83	1,86	1,88	1,91	1,94	7,0
8,0	1,80	1,83	1,86	1,90	1,94	1,96	1,99	1,02	2,06	2,09	2,12	2,15	2,19	2,22	8,0
9,0	2,03	2,06	2,10	2,14	2,18	2,21	2,24	2,28	2,31	2,35	2,39	2,42	2,46	2,49	9,0
10,0	2,25	2,29	2,33	2,37	2,41	2,45	2,49	2,53	2,57	2,61	2,65	2,69	2,73	2,77	10,0

Tafel

zur Herleitung des Dampfgehaltes der Atmosphäre aus den Beobachtungen des Psychrometers, wenn die Kugel des nassen Thermometers mit Eis überzogen ist.

Hunderttheiliges Thermometer.

t—t′	280‴	285‴	290‴	295‴	300‴	305‴	310‴	315‴	320‴	325‴	330‴	335‴	340‴	345‴	t—t′
0°,1	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,02	0‴,03	0‴,03	0‴,03	0°,1
0,2	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2
0,3	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,3
0,4	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,4
0,5	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,5
0,6	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,6
0,7	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,7
0,8	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,8
0,9	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,9
1,0	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	1,0
2,0	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52	2,0
3,0	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,78	3,0
4,0	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04	4,0
5,0	1,05	0,07	1,09	1,11	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	5,0
6,0	1,26	1,28	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,48	1,51	1,53	1,55	6,0
7,0	1,47	1,50	1,52	1,55	1,57	1,60	1,63	1,65	1,68	1,71	1,73	1,76	1,79	1,81	7,0
8,0	1,68	1,71	1,74	1,77	1,80	1,83	1,86	1,89	1,92	1,95	1,98	1,01	2,04	2,07	8,0
9,0	1,89	1,92	1,96	1,99	2,02	2,06	2,09	2,13	2,16	2,19	2,23	2,26	2,29	2,33	9,0
10,0	2,10	2,14	2,17	2,21	2,25	2,29	2,32	2,36	2,40	2,44	2,47	2,51	2,55	2,59	10,0

Der Gebrauch dieser beiden Tafeln ist im hohen Grade einfach. Gesetzt, die Temperatur der Luft wäre 18°, der Barometerstand 335''' und das nasse Thermometer stände auf 15°,2, so wird zuerst die Spannung des Dampfes bei 15°,2 = 5''',56 in der Tafel für die Expansivkraft des Dampfes aufgesucht; die Differenz zwischen den Angaben beider Thermometer ist 18° — 15°,2 = 2°,8; man sucht daher in der obigen Tafel die beiden zu 0°,8 und 2°,0 gehörigen Größen, welche in der mit 335''' bezeichneten Verticalspalte stehen; wird ihre Summe 0''',22 + 0''',54 = 0''',76 von 5''',56 subtrahirt, so giebt die Differenz 4''',80 den Druck der Dampfatmosphäre zur Zeit der Beobachtung. Diese Rechnungen selbst übrigens sind so einfach, daß man sie bei einiger Uebung sehr leicht im Kopfe vornehmen kann, und eben dieses gilt von der Interpolation wegen der Barometerstände, die zwischen zwei in der Tafel gegebenen liegen.

Aus der gefundenen Expansivkraft des Dampfes ergiebt sich dann sehr einfach der Thaupunkt; man darf nur in der Tafel für die Spannung der Dämpfe nachsehen, welche Temperatur zu jener gehört.

Die beiden bisher betrachteten Hygrometer sind diejenigen, welche ein hinreichend genaues Resultat geben, und es ist sehr zu wünschen, daß die Beobachter sich in Zukunft stets nur dieser Instrumente bedienen mögen. Aeltere Physiker wendeten dazu gewöhnlich organische Körper an, indem diese das Wasser der Atmosphäre zum Theil absorbiren und dadurch ihre Dimensionen ändern. Unter diesen Hygrometern haben nur zwei eine allgemeinere Aufnahme gefunden, das Haarhygrometer von Saussure und das Fischbein-hygrometer von de Luc.

Wenn ein Menschenhaar feucht wird, so erhält es eine größere Länge; in einer mit Dampf gesättigten Atmosphäre erreicht diese Dimension ihr Maximum, und ein sorgfältig zubereitetes, nicht zerrissenes Haar behält in dieser stets dieselbe Länge. Bringen wir dieses Haar in eine Luft, welcher durch geglühten Chlorkalk, concentrirte Schwefelsäure oder irgend ein anderes Verfahren ihr Wasser entzogen wird, so zieht sich das Haar immer mehr zusam-

men [63]). Diese Eigenschaft benützte Saussure zu der Construction des nach ihm benannten Hygrometers. Es wird dasselbe in einen mit Dampf gesättigten Raum gebracht, wozu man am besten die Glocke einer Luftpumpe nimmt, deren Wände etwas angefeuchtet sind und aus welcher die Luft gepumpt wird. Man beobachtet die Länge, welche das Haar erhält, entweder unmittelbar, indem man an dem einen beweglichen Ende des Haares ein Mikrometer befestigt, wie dieses neuerdings Babinet empfohlen hat [64]); oder dadurch, daß man den einen Endpunkt um eine kleine Rolle schlägt, an deren Peripherie sich ein Zeiger befindet, welcher den Stand des Hygrometers auf der Scale angiebt, die in diesem Falle ein Kreisbogen ist, dessen Mittelpunkt mit der beweglichen Axe dieser Rolle zusammenfällt. Hat man diesen Punkt mit Genauigkeit beobachtet, so bringt man das Instrument in völlig trockene Luft, am besten in den luftleeren Raum, in welchem sich geglühter Chlorkalk befindet und aus dem die Luft möglichst schnell ausgepumpt wird. So erhält man zwei Punkte der Scale, den ersten nennt Saussure den Punkt der größten Feuchtigkeit und bezeichnet ihn mit 100, den zweiten nennt er den Punkt der größten Trockenheit und bezeichnet ihn mit 0, das Intervall zwischen beiden wird in 100 gleiche Theile getheilt.

Das Instrument giebt uns nur an, ob die Atmosphäre zu einer Zeit dem Zustande der Sättigung näher ist, als zu einer andern. Es bieten sich zwei Wege dar, daraus den Dampfgehalt der Atmosphäre herzuleiten. Man kann nämlich das Hygrometer in einen verschlossenen Raum bringen, welcher nicht mit Dämpfen gesättigt ist, den Raum nach und nach erkalten, die Bewegung des Hygrometers gegen den Punkt der größten Feuchtigkeit verfolgen und nun die Wärme beobachten, bei welcher das Hygrometer auf 100 steht; würde dann der Stand des Thermometers im Anfange des Versuches aufgezeichnet, so erhält man die Größe, um welche die Luft bei ihrem jetzigen Dampfgehalte erkaltet werden muß, wenn ein Niederschlag erfolgen soll. Gesetzt, das Thermometer stünde auf 25°, das Hygrometer auf

63) Saussure Hygrometrie §. 1 folg.

64) Poggendorff's Annalen II, 77.

20°, so würde sich letzteres bei der Erkaltung gegen 100 bewegen und diesen Punkt erreichen, wenn die Wärme 10° gesunken ist, der Thaupunkt also bei 15° liegen. Saussure hat eine große Reihe von Versuchen über diesen Gegenstand angestellt [65]) und Winckler aus diesen Tafeln berechnet, um die Angaben des Hygrometers stets auf dieselbe Normaltemperatur zu reduciren [66]). Ich selbst hielt dieses Verfahren einst für das einfachste, um die Sprache des Instrumentes kennen zu lernen [67]). Aber dadurch erhält man ein Resultat, welches sich sehr bedeutend von der Wahrheit entfernt. Wirkte hier nämlich blos der Dampf auf das Instrument, so könnte man allerdings die Untersuchung auf diese Art anstellen, aber bei der Erkaltung ändern sich durch pyrometrische Einwirkung die Dimensionen des Rahmens, in welchem das Haar befestigt ist, und von dem letzteren selbst, dergestalt, daß wir hier die Wirkungen dreier Ursachen haben. Hierin liegt auch der Grund, daß das Verfahren von le Roi ein sehr abweichendes Resultat giebt [68]), und hierin müssen auch die Differenzen zwischen den Versuchen von Saussure und mir gesucht werden, indem der Rahmen an den von jenem benutzten Instrumenten aus Messing, bei dem meinigen aus Glas bestand. Aus eben diesen Gründen ist aber auch sehr zu wünschen, daß die Beobachter ihre Aufzeichnungen nie auf eine bestimmte Temperatur reduciren, weil sie sonst Zahlen ohne Werth geben [69]).

Saussure bemühte sich, das Gewicht der in einem Kubikfuße bei verschiedenen Temperaturen enthaltenen Dampfmenge

---

65) Saussure Hygrometrie S. 96. §. 86 folg.

66) Winckler Tafel um Hygrometerstände, die bei verschiedenen Wärmegraden beobachtet sind, auf jede beliebige Normal-Temperatur zu reduciren. 4. Halle 1826.

67) Untersuchungen S. VI.

68) Saussure Hygrometrie S. 377. §. 333.

69) Allg. Lit. Zeit. für 1828. I, 60. Bei einer späteren Wiederholung der Arbeit mit einem von Messing verfertigten Instrumente habe ich sehr nahe dieselben Größen als Saussure gefunden, während das unter derselben Glocke befindliche Hygrometer mit Glassäulen sehr bedeutende Differenzen zeigte.

zu bestimmen [70]), aber die directe Lösung dieser Aufgabe ist mit so vielen Schwierigkeiten verbunden, daß wir uns nur hieraus erklären können, weshalb die von ihm gegebene Tafel so wenig der Natur entspricht. Weit sicherer ist es, die Expansivkraft des Dampfes aufzusuchen. Die Spannung des Wasserdampfes im Zustande der Sättigung ist bekannt, das Hygrometer steht in diesem Raume auf 100°; die Dampfmenge werde bei unveränderter Temperatur genau auf die Hälfte gebracht, so wird das Hygrometer sich gegen 0° bewegen; es bleibe nach einiger Zeit bei 72° stehen. Sehen wir also das Hygrometer in der Atmosphäre bei 72°, so dürfen wir annehmen, daß die Luft die Hälfte der Dämpfe enthalte, welche sie bei dieser Temperatur enthalten kann.

Gay-Lussac hat zuerst genaue Versuche hierüber angestellt [71]). Gesetzt, man bringe in einen Raum destillirtes Wasser, so wird sich derselbe mit Dämpfen sättigen und das Hygrometer auf 100° stehen. Die Temperatur betrage etwa 10°, so ist die Spannung des Dampfes bei dieser Temperatur 3''',99. Diese Größe wollen wir mit 100 bezeichnen. Man bringe jetzt in den leeren Raum irgend eine Lösung eines Salzes, so wird das Wasser zwar dahin streben, den Raum bis zur Sättigung mit Dämpfen zu füllen, aber das Salz übt ebenfalls eine Anziehung auf das Wasser aus und das Hygrometer kommt nicht auf 100. Gesetzt, man hätte eine Lösung von salzsaurem Kalke von einer Dichtigkeit von 1,343 genommen, so würde das Hygrometer bei 71°,0 stehen bleiben. Um die Spannung dieses Dampfes kennen zu lernen, wird dieselbe wie beim reinen Wasserdampfe im luftleeren Raume des Barometers gemessen; es betrage dieselbe 2''',01; da wir die Spannung des Dampfes im Maximo bei dieser Temperatur mit 100 bezeichneten, so verwandelt sich diese Größe in 50,5. Auf diese Art hat Gay-Lussac bei der Wärme von 10° Versuche mit mehreren Lösungen angestellt und folgende Größen erhalten:

---

70) Saussure Hygrometrie S. 197. §. 171.

71) Biot Traité II, 199.

Lösung	Spannung der Lösungen bei 10°, die des Wasserdampfes mit 100 bezeichnet	Entsprechende Grade des Haarhygrometers.
Wasser	100,0	100°,0
Kochsalz	90,6	97,7
desgl.	82,3	92,2
desgl.	75,9	87,4
Chlorkalk	66,0	82,0
desgl.	50,5	71,0
desgl.	37,6	61,3
Schwefelsäure	18,1	33,1
desgl.	12,2	25,3
desgl.	2,4	6,1
desgl.	0,0	0,0

Construirt man eine Curve, bei welcher die Spannungen die Abscissen, die entsprechenden Grade des Hygrometers die Ordinaten sind, so hat dieselbe große Aehnlichkeit mit einer Hyperbel, deren concaver Theil gegen die Axe der Abscissen gerichtet ist, und deren Axe mit der Axe der Abscissen einen Winkel von 45° bildet. Von dieser Hypothese ausgehend hat Biot einen Ausdruck aufgesucht [72]), vermittelst dessen sich die gegenseitige Abhängigkeit der Spannungen und Hygrometergrade berechnen läßt.

Ganz dasselbe Verfahren hat Prinsep bei einer Temperatur von etwa 30° (zwischen 80° und 90° F.) angewendet [73]). In dem leeren Raume, in welchem sich die Lösung befand, hingen zwei Hygrometer; das Mittel aus ihren Angaben enthält folgende Tafel:

---

72) l. l. p. 202.

73) Zeitschrift für Physik und Mathem. II, 29.

Beschaffenheit der Lösung	Spannung des Dampfes, die des Wasserdampfes mit 100 bezeichnet	Entsprechende Grade des Hygrometers
Schwefelsäure	0,0	0,0
desgl.	3,5	13,5
desgl.	5,0	19,0
desgl.	6,2	23,6
desgl.	13,0	34,0
desgl.	18,8	46,6
desgl.	22,0	49,5
desgl.	31,1	59,8
desgl.	37,6	64,0
desgl.	54,6	76,4
desgl.	57,0	80,0
desgl.	68,8	85,5
Kochsalz	76,8	89,5
Wasser	100,0	100,0

Auch Prinsep hat aus diesen Versuchen eine Formel hergeleitet, um die Spannung des Dampfes bei gegebenem Grade des Hygrometers zu berechnen. Die von ihm gegebene Tafel werde ich sogleich mittheilen.

Folgende Tafel enthält die von beiden Beobachtern gefundenen Größen zwischen 100° und 80° des Haarhygrometers.

H	Spannung		H	Spannung	
	Gay-Lussac	Prinsep		Gay-Lussac	Prinsep
100	100.0	100,0	90	79,1	78,2
99	97,8	97,3	89	77,2	76,1
98	95,6	95,4	88	75,3	74,2
97	93,4	93,1	87	73,4	72,1
96	91,2	90,9	86	71,5	70,2
95	89,1	88,7	85	69,6	68,3
94	87,1	86,6	84	67,9	66,4
93	85,1	84,5	83	66,2	64,6
92	83,1	82,4	82	64,6	62,8
91	81,1	80,3	81	62,9	61,0

H	Spannung		H	Spannung	
	Gay-Lussac	Prinsep		Gay-Lussac	Prinsep
80	61,2	59,2	53	30,2	24,4
79	59,7	57,4	52	29,4	23,5
78	58,2	55,7	51	28,6	22,6
77	56,7	53,9	50	27,8	21,8
76	55,3	52,2	49	27,1	20,9
75	53,8	50,6	48	26,3	20,1
74	52,4	49,1	47	25,6	19,3
73	51,1	47,7	46	24,9	18,5
72	49,8	46,2	45	24,1	17,7
71	48,5	44,7	44	23,5	17,0
70	47,2	43,6	43	22,8	16,3
69	46,0	42,2	42	22,1	15,6
68	44,9	41,0	41	21,4	14,9
67	43,7	39,7	40	20,8	14,3
66	42,6	38,4	39	20,2	13,7
65	41,4	37,2	38	19,6	13,0
64	40,4	36,0	37	18,9	12,5
63	39,4	34,9	36	18,3	12,0
62	38,3	33,7	35	17,7	11,4
61	37,3	32,6	34	17,1	10,9
60	36,3	31,5	33	16,5	10,4
59	35,4	30,4	32	15,9	9,9
58	34,5	29,4	31	15,4	9,5
57	33,6	28,4	30	14,8	9,1
56	32,7	27,3			
55	31,8	26,3			
54	31,0	25,4			

Die Anwendung dieser Tafeln ist sehr einfach. Gesetzt, man hätte bei einer Wärme von 19° den Hygrometerstand von 76° beobachtet, so zeigen die Versuche von Gay-Lussac, daß die Atmosphäre in diesem Falle 55,3 der Dampfmenge enthält, wenn die im Zustande der Sättigung mit 100 bezeichnet wird. In diesem Falle aber stehen die Dämpfe mit einer Quecksilbersäule von 7‴,04 im Gleichgewichte; multipliciren wir daher diese

Größe mit 55,3 und dividiren durch 100, so giebt der Quotient 3''',89 die Spannung des Dampfes. — Worin übrigens die Differenzen zwischen den Resultaten der beiden Beobachter ihren Grund haben, ob vielleicht Beobachtungsfehler oder ungleiche Temperaturen hier eine Rolle spielen, müssen künftige Untersuchungen zeigen. Glücklicherweise sind die Differenzen zwischen 60° und 100°, also in dem Intervalle, wo sich das Hygrometer gewöhnlich befindet, weniger bedeutend.

Um dieselbe Zeit, wo Saussure seine gehaltreichen Untersuchungen anstellte, bemühte sich auch de Luc auf mannigfache Art ein vergleichbares Hygrometer zu verfertigen. Er hielt es fürs beste einen Streifen von Fischbein zu nehmen, welcher senkrecht auf der Richtung der Fasern geschnitten war und welcher über eine Rolle geschlagen wurde, an der sich ein Zeiger befand. Um den Fischbein zu spannen, wurde an ihm eine Spiralfeder befestigt [76]). Den mit 0 bezeichneten Punkt der größten Trockenheit bestimmte de Luc eben so wie Saussure; den Punkt der größten Feuchtigkeit (100) aber dadurch, daß er das Instrument in Wasser legte. Die Verfertigung dieses Instrumentes ist noch weit schwieriger als die des Haarhygrometers [77]); eine Theorie desselben besitzen wir noch fast gar nicht, so daß ich bei diesem Instrumente, mit welchem glücklicherweise nicht viel Beobachtungen angestellt sind, nicht länger verweilen will.

Man kann noch eine große Menge anderer organischer Körper zu dieser Untersuchung anwenden. Hanfene Schnüre, Darmsaiten, die Grannen des Hafers und einiger Arten Erodium, Federkiele theils als Säcke zur Aufnahme von Quecksilber, theils als Spiralen geschnitten, die Haut des Frosches, Ratten- und Fischblasen und viele andere Körper sind zu verschiedenen Zeiten empfohlen. Die Zahl dieser Körper ließe sich noch vielfach vermehren, und es dürfte wohl nicht schwer werden, in kurzer Zeit einige Dutzend verschiedener Hygrometer anzugeben, aber sehr ist vor diesem verkehrten Streben, welches längere Zeit Mode ge-

76) de Luc Idées I, 45 folg.

77) Ich besitze von einem Künstler, der sich durch Verfertigung vortrefflicher meteorologischer Instrumente auszeichnet, ein Fischbeinhygrometer, welches durchaus unbrauchbar ist.

worden war, und von dem noch jetzt zuweilen einzelne Nachklänge laut werden, zu warnen. Es ist kein Verdienst um die Wissenschaft, neue Instrumente anzugeben, deren Sprache Niemand kennt, und Beobachtungen mitzutheilen, welche Niemand benutzen kann; es ist ein weit größeres Verdienst, Messungen mit Instrumenten anzustellen, deren Angaben constant sind und welche sich im Laufe der Zeit nicht ändern, (ein Vorwurf, von welchem selbst das Haarhygrometer nicht frei zu sprechen ist,) damit wir endlich einmal in den Stand gesetzt werden, den Dampfgehalt der Atmosphäre unter verschiedenen Umständen anzugeben. Zu dieser Untersuchung aber empfehle ich vorzugsweise das Psychrometer; es gewährt bei großer Einfachheit der Beobachtung eine hinreichende Genauigkeit [78]).

Wenn wir den Dampfgehalt der Atmosphäre in verschiedenen Jahreszeiten untersuchen wollen, so müssen wir zunächst den Gang des Hygrometers während des Tages, den relativen und absoluten Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre in einzelnen Stunden kennen. Bis jetzt fehlt es noch ganz an stündlichen Beobachtungen des Hygrometers, und es läßt sich über diesen Gegenstand auch jetzt kaum mehr sagen, als was Saussure schon bemerkte [79]). Darnach ist die Luft einige Zeit nach dem Aufgange der Sonne am feuchtesten, und nun rückt das Hygrometer nach und nach gegen den Punkt der größten Trockenheit, bis es diesem etwa eine Stunde, nachdem die größte Tageswärme eingetreten war, am nächsten liegt, worauf das Hygrometer sich wieder bis zum folgenden Morgen zurückbewegt. Aber hier haben wir nur den relativen Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre; behielte jedoch die Atmosphäre auch dieselbe Dampfmenge während des Tages, so müßte das Hygrometer nach und nach größere Trockenheit der

---

78) Beim Psychrometer verschwindet zugleich die Klage über die Kostspieligkeit der Instrumente. Zwei treffliche Thermometer, von — 30° R. bis + 30° R. gehend und jeder Grad in 5 Theile getheilt, deren Scale ganz in eine Glasröhre geschlossen ist, kosten bei Greiner in Berlin 15 Thaler; soviel aber kostet schon ein Haarhygrometer bei den besseren Künstlern, und dann sieht man sich noch genöthigt, mehrere Thaler für ein Thermometer auszugeben.

79) Saussure Hygrometrie S. 363. §. 317.

Atmosphäre zeigen. Wenn zugleich der Stand des Thermometers aufgezeichnet ist, dann läßt sich der Dampfgehalt der Atmosphäre leicht berechnen. In Genf ist der Stand beider Instrumente längere Zeit zur Zeit des Sonnenaufganges und um 2 Uhr aufgezeichnet worden; 5jährige Beobachtungen (1819—23) geben folgende Größen.

Monat	Thermometer		Haarhygrometer		Dampfgehalt		
	Aufgang	2 Uhr	Aufgang	2 Uhr	Aufgang	2 Uhr	Mittel
Jan.	— 1°,1	2°,5	92°,4	84°,6	1''',58	1''',67	1''',62
Febr.	0,0	5,6	91,6	74,8	1,71	1,67	1,69
März	2,3	9,5	89,3	70,2	1,86	1,85	1,86
April	5,8	14,8	91,9	65,7	2,47	2,31	2,39
Mai	9,2	19,0	91,8	66,8	3,14	3,03	3,08
Junius	10,7	20,7	91,7	69,9	3,43	3,54	3,48
Julius	13,3	21,4	93,3	69,1	4,43	3,78	4,08
August	12,7	22,4	95,0	69,4	4,24	4,06	4,15
Sept.	10,3	18,9	94,9	72,1	3,61	3,52	3,56
October	6,8	12,7	93,1	78,5	2,76	2,82	2,79
Nov.	3,2	7,5	94,6	77,5	2,15	1,95	2,05
Dec.	0,8	4,1	90,7	82,8	1,77	1,75	1,76

Durchgängig steigt hier das Hygrometer vom Aufgange der Sonne bis zu 2 Uhr; aber während der Stand am Morgen im Laufe des ganzen Jahres einen Unterschied von wenigen Graden zeigt, ändert sich der Stand um 2 Uhr bei weitem mehr; im Sommer befindet sich das Hygrometer um 2 Uhr dem Punkte der größten Trockenheit weit näher als im Winter, dann aber ist auch der Unterschied zwischen den Temperaturen zu beiden Tageszeiten größer. Sollte hieraus der Dampfgehalt hergeleitet werden, so würde erforderlich seyn, eine jede der angestellten Beobachtungen einzeln zu berechnen. Ich habe dieses mit Anwendung von Gay-Lussac's Versuchen nur für die monatlichen Mittel gethan, und so die in der obigen Tafel mitgetheilten Größen erhalten. Hiernach ist der Druck der Dampfatmosphäre zu beiden Tageszeiten nahe gleich, im Mittel des Jahres ist er beim Aufgange der Sonne 2''',76, um 2^h A. 2''',66, und eben so geben

die meisten Monate am Abende eine geringere Dampfmenge, als am Morgen.

Da die Versuche nicht einzeln berechnet wurden, so könnte man glauben, daß dieser Unterschied seinen Grund darin hätte, daß das Mittel der Hygrometer- und Thermometerstände ein Resultat giebt, welches von dem wahren mittleren Zustande abweicht. Um über diesen Punkt zu entscheiden, hat Dove dreijährige Beobachtungen von Daniell mit dem Schwefelätherhygrometer zu London einzeln berechnet und folgende Größen für den Druck der Dampfatmosphäre erhalten [80]).

Monat	Morgen	Nachmittag	Abend
Januar	2''',78	2''',88	2''',82
Februar	2,90	2,89	2,85
März	3,43	3,42	3,32
April	3,89	3,87	3,77
Mai	4,24	4,21	4,14
Junius	5,03	5,19	4,94
Julius	5,56	5,65	5,15
August	5,77	5,92	5,67
September	5,36	5,40	5,09
October	4,20	4,27	4,01
November	3,53	3,64	3,49
December	3,20	3,35	3,30

Also auch hier sehen wir, daß der Druck der Dampfatmosphäre, besonders in den Sommermonaten am Morgen größer ist, als später am Tage. Und eben dieses bestätigen 11jährige Beobachtungen von Bouvard zu Paris. Nach diesen erhalten wir folgende gleichzeitige Stände des Hygrometers und Thermometers.

80) Poggendorff's Annalen XVI, 297. Daniell giebt die Stunden in seinem Journale nicht näher an.

Monat	Thermometer				Haarhygrometer			
	9 Uhr	Mittag	3 Uhr	9 Uhr	9 Uhr	Mittag	3 Uhr	9 Uhr
Januar	2°,3	4°,0	4°,2	2°,1	90°	84°	82°	90°
Februar	3,8	6,5	6,9	3,8	89	80	76	88
März	6,7	9,3	9,6	5,9	82	69	66	83
April	11,5	14,1	14,4	9,7	72	60	57	74
Mai	15,1	17,4	17,5	12,8	73	65	63	80
Junius	18,6	20,9	21,2	16,1	70	62	60	78
Julius	20,1	22,3	22,5	17,6	71	63	61	78
August	21,0	22,6	22,7	17,2	75	65	62	80
Septbr.	16,8	19,7	19,9	15,1	81	69	66	85
October	10,9	14,0	14,5	10,3	89	78	73	90
Novbr.	6,5	9,0	9,2	6,7	89	80	76	88
Decbr.	3,5	5,5	5,7	3,9	91	85	84	90

Hieraus folgt

Monat	Druck der Dampfatmosphäre			
	9 Uhr	Mittag	3 Uhr	9 Uhr
Januar	1''',88	1''',82	1''',76	1''',86
Februar	2,03	1,93	1,79	2,01
März	2,09	1,75	1,67	2,01
April	2,19	1,87	1,80	2,03
Mai	2,82	2,62	2,50	2,92
Junius	3,23	3,00	2,89	3,41
Julius	3,61	3,35	3,21	3,75
August	4,31	3,58	3,34	3,84
September	3,87	3,38	3,19	3,81
October	3,26	2,99	2,71	3,22
November	2,43	2,08	2,08	2,41
December	2,10	2,07	2,04	2,10

Diese Beobachtungen zeigen uns also genau dieselbe Abnahme in dem Drucke der Dampfatmosphäre während des Tages, als die in Genf und London. Schon Saussure hat den wahren

81) Saussure Hygrometrie S. 364. §. 319.

Grund dieses Phänomenes angegeben [81]), und Dove ist zu demselben Resultate gekommen. Indem nämlich die Atmosphäre während der Nacht erkaltet, kommt sie dem Zustande der Sättigung immer näher, und es bilden sich immer Niederschläge in den niederen Regionen, welche wir unter der Gestalt von Thau und Nebeln wahrnehmen; dadurch entsteht am Boden ein dampfleerer Raum und die Dämpfe sinken aus den obern Schichten herab. Am Morgen verdunstet dieses Wasser, der Druck der Dampfatmosphäre am Boden nimmt zu, und daher tritt das Maximum der Feuchtigkeit erst einige Zeit nach der größten Tageswärme ein. So wie die Wärme größer wird, führen aufsteigende Luftströme die Dämpfe nach oben, und daher nimmt der Dampf am Boden ab, obgleich durch die ununterbrochene Verdunstung stets neue Dämpfe entwickelt werden.

Ist diese Hypothese richtig, so müssen die Aenderungen des Hygrometers selbst unter Voraussetzung gleicher Wärmeänderungen in der Höhe geringer seyn; die absolute Dampfmenge ist am Tage größer als am Morgen und in der Nacht. Saussure folgerte dieses bereits aus Erfahrungen, welche er in mäßigen Höhen gemacht hatte [82]), und in der Folge fand er dieses durch Messungen auf dem Montblanc bestätigt, indem hier das Hygrometer am Morgen weiter vom Punkte der Feuchtigkeit entfernt war, als am Tage [83]); eben dieser Meinung sind auch de Luc [84]) und Dove [85]) beigetreten. Die Beobachtungen in dem Kloster auf dem St. Bernhard zeigen auf das entschiedendste diese geringere Bewegung des Hygrometers, und die Zunahme im Drucke des Dampfes während des Tages. Beobachtungen, welche gleichzeitig mit den oben erwähnten in Genf angestellt wurden, gaben folgende Resultate:

---

82) Saussure Hygometrie §. 349. S. 401.

83) Saussure Reisen IV, 365. §. 1126.

84) de Luc Idées II, 12. §. 545.

85) Poggendorff's Annalen XVI, 297.

Mon.	Thermometer		Hygrometer		Druck des Dampfes		
	Aufgang	2 Uhr	Aufgang	2 Uhr	Aufgang	2 Uhr	Mittel
Jan.	—11°,6	— 6°,4	84°,4	79°,9	0''',69	0''',79	0''',74
Febr.	— 9,2	— 4,7	85,5	76,0	0,75	0,81	0,78
März	— 8,1	— 2,5	87,3	76,8	0,87	0,98	0,93
April	— 4,6	1,5	88,2	78,5	1,11	1,31	1,21
Mai	— 0,8	5,7	87,1	78,9	1,43	1,80	1,61
Jun.	1,3	7,3	85,8	80,0	1,63	1,96	1,80
Jul.	3,3	8,5	85,3	80,8	1,80	2,26	2,03
Aug.	5,2	10,1	86,0	81,2	2,07	2,56	2,32
Sept.	2,2	6,7	86,4	81,0	1,72	2,02	1,87
Oct.	— 2,1	1,2	84,6	81,7	1,22	1,44	1,33
Nov.	— 5,0	— 1,4	86,3	84,1	1,06	1,22	1,14
Dec.	— 5,9	— 4,4	87,9	86,7	0,91	1,01	0,96

Das Hygrometer befolgt hier einen ganz andern Gang als in Genf; es zeigt in allen Monaten beim Aufgange der Sonne eine größere Trockenheit, am Abende dagegen meistens eine größere Feuchtigkeit als in Genf. Freilich sind die Oscillationen des Thermometers auch geringer, daß aber diese nicht allein Ursache dieses abweichenden Ganges sind, das zeigen die daneben stehenden Größen, welche den Druck des Dampfes angeben, indem diese in allen Monaten am Abende größer sind als am Morgen; dieser Unterschied ist im Sommer weit größer als im Winter, indem zu jener Zeit die Wärme der Sonne stärker, der aufsteigende Strom also lebhafter ist.

Um den Gang der Feuchtigkeit während des Jahres zu übersehen, wollen wir denselben Ausdruck anwenden, dessen wir uns bei Bestimmung der Wärmeänderungen bedienten. Für London habe ich die absolute Feuchtigkeit nach den Berechnungen Dove's genommen, bei Bestimmung der relativen Feuchtigkeit habe ich die mittlere Temperatur und den mittleren Thaupunkt in den einzelnen Monaten angewendet. Für Paris habe ich bei Bestimmung beider nur die Messungen um 9 Uhr und 21 Uhr, für Genf und den St. Bernhard die beiden vorhandenen Messungen benutzt. Rechnen wir das Jahr vom 1sten Januar an und be-

zeichnen dann die absolute Dampfmenge durch E, die relative durch H, dann erhalten wir

London.

$$E_n = 4''',152 + 1,382 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 241^\circ\,21'\} + 0,212 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 2^\circ\,20'\}$$

$$H_n = 86^\circ,54 + 9,375 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 105^\circ\,43'\} + 1,274 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 34^\circ\,30'\}$$

Paris.

$$E_n = 2''',800 + 1,052 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 231^\circ\,4'\} + 0,196 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 349^\circ\,9'\}$$

$$H_n = 65^\circ,95 + 15,09 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 107^\circ\,53'\} + 0,749 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 45^\circ\,29'\}$$

Genf.

$$E_n = 2''',708 + 1,261 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 244^\circ\,43'\} + 0,183 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 15^\circ\,31'\}$$

$$H_n = 66^\circ,14 + 7,048 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 120^\circ\,58'\} + 2,652 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 66^\circ\,53'\}$$

St. Bernhard.

$$E_n = 1''',393 + 0,692 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 242^\circ\,48'\} + 0,088 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 20^\circ\,10'\}$$

$$H_n = 68,89 + 1,044 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,30^\circ + 60^\circ\,27'\} + 1,269 \sin\{(n+\tfrac{1}{2})\,60^\circ + 75^\circ\,10'\}$$

Die Dampfmenge, welche in der Atmosphäre vorhanden ist, steigt in demselben Verhältnisse, in welchem die Temperatur größer wird; beide sind im Januar am kleinsten, im Julius am größten. Suchen wir die Tage auf, an denen die Extreme Statt finden, so erhalten wir

	Minimum	Maximum
London	14 Januar	3 August
Paris	28 Januar	12 August
Genf	16 Januar	27 Julius
St. Bernhard	21 Januar	28 Julius

Neh=

Nehmen wir das Mittel dieser vier Bestimmungen, so tritt das Minimum am 20sten Januar, das Maximum am 25sten Julius ein, beide also einige Tage später als die Temperaturextreme. Ob diese Differenz von einigen Tagen aber zufällig oder in der Natur begründet sey, würde eine weit größere Menge von Beobachtungen erfordern, als hier benutzt werden konnte.

Völlig verschieden dagegen ist der Gang der relativen Feuchtigkeit. Wenn die Wärme nach der Mitte des Januars zu steigen anfängt, dann verdunstet zwar sogleich eine größere Menge von Wasser, aber da sich die Dämpfe nur langsam durch die Atmosphäre verbreiten, so nimmt die Dampfmenge nicht so schnell zu, als man nach der Aenderung der Temperatur erwarten sollte, die Atmosphäre wird relativ trockener. Es zeigt sich dieser Umstand besonders im April und Mai, wo die Wärme am geschwindesten steigt. Wenn sich späterhin das Thermometer weniger ändert, dann nimmt die Dampfmenge etwas schneller zu, als die Wärme, und die Luft kommt dem Zustande der Sättigung näher; dieses wird desto auffallender, je mehr die Temperatur im Herbste sinkt, indem das in der Atmosphäre aufgelöste Wasser zum Theil niedergeschlagen wird. Suchen wir die Tage auf, an denen die Extreme Statt finden, so erhalten wir

	Minimum	Maximum
London	31 Mai	12 December
Paris	26 Mai	20 December
Genf	1 Mai	25 December

Auf dem St. Bernhard ändert sich die relative Feuchtigkeit so wenig, daß man fast glauben möchte, sie sey das ganze Jahr hindurch constant. Nach der eben mitgetheilten Tafel scheint es, daß die Luft in der Mitte des Mai am trockensten, in der Mitte des December am feuchtesten sey, wie dieses schon Lambert gezeigt hatte [86].

86) Lambert deutscher gelehrter Briefwechsel III, 318 u. a. a. St. Wenn wir einst aus allen Gegenden Europa's Messungen dieser Art besitzen, dann dürften sich hier sehr bedeutende klimatische Verschiedenheiten zeigen.

Es ist wahrscheinlich, daß die relative sowohl als die absolute Feuchtigkeit immer mehr abnimmt, je weiter wir uns von der Küste ins Innere der Continente begeben, aber bis jetzt fehlt es uns durchaus an Beobachtungen, um das Quantitative dieser Aenderung zu bestimmen [87]). Zwar scheinen dieses die Messungen in London und Paris zu bestätigen, aber wir müssen erwägen, daß beide nicht mit denselben Instrumenten gefunden sind, und es dürfte der Feuchtigkeitszustand in Paris etwas abweichend von dem obigen gefunden werden, sobald wir die Berechnung bei jeder einzelnen Beobachtung vornähmen. Da aber das Wasser im Innern der Continente bei derselben Temperatur weit schneller verdunstet, als in der Nähe der Küsten, so geht hieraus schon die größere Trockenheit jener Gegenden hervor; ist in Ungarn während eines Tages kein Regen gefallen, so ist die ganze Atmosphäre mit Staub gefüllt [88]), und der Schweiß hat sich auf der Oberfläche des Körpers kaum gebildet, so ist er auch bereits verschwunden [89]).

An demselben Orte ist die Elasticität des Dampfes nicht zu allen Jahreszeiten gleich, sondern sie ist vielen Schwankungen unterworfen. Unter den Umständen, welche hiebei eine Rolle spielen, verdienen besonders die Winde genannt zu werden. Schon früher machte hierauf Saussure aufmerksam [90]), und indem Daniell den Thaupunkt seines Hygrometers bei verschiedenen Winden zusammenstellte, zeigte sich eine sehr regelmäßige Aende-

---

87) Neuere regelmäßige Hygrometerbeobachtungen von Poggendorff in Berlin und Hallaschka in Prag umfassen nur wenige Monate und können daher noch nicht benutzt werden. Was Schön in seiner Witterungskunde hierüber zusammengestellt hat, läßt sich nicht gebrauchen, da wir die Sprache des Hygrometers nicht kennen. Dasselbe gilt von den vieljährigen Aufzeichnungen eines Lambert'schen Hygrometers von Pl. Heinrich zu Regensburg und vielen anderen Journalen. Beobachtungen eines Psychrometers von Plieninger in Stuttgart konnte ich nicht benutzen, da mir das Correspondenzblatt des landwirthschaftlichen Vereins in Würtemberg, in welchem selbige mitgetheilt werden, fehlt.

88) Wahlenberg Flora Carpath. p. XCVIII.

89) Ibid. p. CI.

90) Saussure Hygrometrie S. 367.

rung, indem der Dampfgehalt bei den warmen Südwinden weit größer war, als bei den kalten Nordwinden [91]). Späterhin hat Dove den Dampfgehalt der Atmosphäre aus jeder einzelnen Beobachtung Daniell's hergeleitet und dadurch den in folgender Tafel enthaltenen Druck der Dampfatmosphäre bei jedem Winde erhalten: [92])

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Winter	2''',43	2''',22	2''',18	3''',04	3''',56	3''',62	3''',24	2''',72
Frühling	3,22	3,14	4,10	4,33	4,49	4,15	3,88	3,35
Sommer	4,74	4,59	5,49	6,10	6,74	6,13	5,48	4,96
Herbst	3,29	3,78	3,81	4,87	4,90	5,17	4,46	3,84
Jahr	3,56	3,42	3,76	4,66	4,91	4,71	4,27	3,76

Der Druck der Dampfatmosphäre ist hier also bei nördlichen und östlichen Winden bei weitem geringer, als bei südlichen und westlichen; um die einzelnen Anomalien zu entfernen, hat Dove Ausdrücke entwickelt, welche sehr nahe der Wahrheit entsprechen. Rechnen wir die Grade der Windrose von N durch O bis 360° und beachten, daß einem jeden Punkte der Windrose 45° entsprechen, so können wir den, dem nten Punkte der Windrose entsprechenden Druck der Dampfatmosphäre, E_n, herleiten aus der Formel

$$E_n = E + u' \sin(n.45 + v') + u'' \sin(n.90^\circ + v'')$$

Werden hier die Constanten bestimmt, so erhalten wir

Winter: $E_n = 2''',872 + 0,7501 \sin(n.45^\circ + 232^\circ 24') + 0,1338 \sin(n.90^\circ + 81^\circ 32')$

Frühling: $E_n = 3''',834 + 0,6719 \sin(n.45^\circ + 274^\circ 2') + 0,1195 \sin(n.90^\circ + 214^\circ 26')$

Sommer: $E_n = 5''',527 + 0,9726 \sin(n.45^\circ + 266^\circ 11') + 0,1555 \sin(n.90^\circ + 125^\circ 24')$

Herbst: $E_n = 4''',263 + 0,8601 \sin(n.45^\circ + 254^\circ 51') + 0,0624 \sin(n.90^\circ + 341^\circ 34')$

Jahr: $E_n = 4''',130 + 0,7514 \sin(n.45^\circ + 254^\circ 58') + 0,1320 \sin(n.90^\circ + 123^\circ 41')$

91) Daniell Meteor. Ess. p. 269.

92) Poggendorff's Annalen XVI, 286.

Im Jahre 1827 hatte ich für Paris eine ähnliche Untersuchung angestellt. Ich suchte in jedem Monate den Stand des Hygrometers am Mittage, und indem ich ebenfalls die Angabe des Thermometers bei jedem Winde aufzeichnete, war ich im Stande, den Druck der Dampfatmosphäre bei demselben zu bestimmen. Dadurch habe ich folgende Größen erhalten:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Winter	1''',68	1''',26	1''',54	2''',02	2''',29	2''',46	2''',21	1''',73
Frühling	1,77	1,77	1,78	2,28	2,51	2,30	2,19	1,95
Sommer	3,22	2,92	3,30	3,95	3,90	3,41	3,29	3,03
Herbst	2,53	2,28	2,45	3,07	3,57	3,35	2,76	2,67
Jahr	2,30	2,06	2,27	2,83	3,07	2,88	2,61	2,35

Diese Größen lassen sich sehr nahe durch die folgenden Gleichungen ausdrücken.

Winter: $E_n = 1''',899 + 0,5300 \sin(n.45^\circ + 231^\circ 42') + 0,0555 \sin(n.90^\circ + 97^\circ 46')$

Frühling: $E_n = 2''',069 + 0,3641 \sin(n.45^\circ + 255^\circ 45') + 0,0872 \sin(n.90^\circ + 117^\circ 18')$

Sommer: $E_n = 3''',377 + 0,4266 \sin(n.45 + 280^\circ 36') + 0,2194 \sin(n.90^\circ + 137^\circ 46')$

Herbst: $E_n = 2''',835 + 0,5388 \sin(n.45^\circ + 248^\circ 45') + 0,2242 \sin(n.90^\circ + 97^\circ 3')$

Jahr: $E_n = 2''',546 + 0,4462 \sin(n.45^\circ + 251^\circ 10') + 0,1145 \sin(n.90^\circ + 121^\circ 36')$

Suchen wir die Extreme und die Unterschiede zwischen diesen auf, so erhalten wir

	Minimum	Maximum	Unterschied
Winter	N 50° O	S 29° W	1''',082
Frühling	N 44 O	S 24 W	0,786
Sommer	N 41 O	S 19 O	1,044
Herbst	N 61 O	S 6 W	1,288
Jahr	N 45 O	S 2 W	0,980

Das Minimum des Druckes liegt also im Durchschnitte bei NO, das Maximum etwas westlich von S. Beide Extreme bewegen

sich im Laufe des Jahres um diese Richtung; das Maximum liegt während des Sommers bedeutend östlich von Süden. Die im folgenden Abschnitte zu betrachtenden Temperaturverhältnisse, so wie die Vertheilung des Regens in Europa, werden uns hierüber einigen Aufschluß geben. Diese Abhängigkeit des Dampfgehaltes von der Richtung des Windes ist so groß, daß man meistens auf eine Aenderung der Windrichtung rechnen darf, wenn sich der Thaupunkt am Schwefeläther-Hygrometer ändert [93]).

Auch der relative Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre ist keineswegs bei allen Winden gleich groß; im Durchschnitte ist die Luft bei NO Winden weiter vom Zustande der Sättigung entfernt, als bei S und SW Winden. Soll jedoch dieser Zusammenhang nachgewiesen werden, so müßten die Beobachtungen zu Zeiten angestellt seyn, welche so liegen, daß das arithmetische Mittel derselben dem mittleren Feuchtigkeitszustande entspräche. In Paris wird nur bei der Beobachtung am Mittage der Wind aufgezeichnet, wir erhalten also dadurch nicht den mittleren Zustand der Atmosphäre. Der Stand des Haarhygrometers ist hier bei verschiedenen Winden folgender:

N.	71°,4	S	74,7
NO	67,4	SW	74,8
O	67,5	W	72,8
SO	67,6	NW	72,1

Im Allgemeinen erkennt man hier die Richtigkeit des Gesagten, aber künftige Untersuchungen durch Messungen mit guten Instrumenten müssen diese Abhängigkeit schärfer bestimmen.

In einzelnen Fällen indessen zeigen sich bedeutende Ausnahmen. So geschieht es nicht selten, daß die Luft bei NO Winden fast gesättigt, bei SW Winden aber sehr trocken ist. Wenn nämlich längere Zeit hindurch Südwinde geweht haben, und der Wind schnell nach NO geht, so giebt sich dieser sogleich durch seine kältere Temperatur zu erkennen, und die Atmosphäre kommt dem Zustande der Sättigung näher. Ganz etwas Aehnliches gilt vom SW Winde, welcher in unseren Gegenden zuerst über einen Theil des Festlandes kommt und sich durch höhere Temperatur

93) Daniell Meteor. Ess. p. 152.

auszeichnet; erst nach einiger Zeit, wo die Luft vom Meere anrückt, bewegt sich das Hygrometer gegen den Punkt der Sättigung. Saussure erwähnt eine Beobachtung dieser Art im März 1781 [94]). Das Wetter war längere Zeit hindurch bei NO Winden heiter und trocken gewesen; am 25sten um 3^h 15′ Abends stand das Thermometer auf 15° R., das Haarhygrometer auf 44°; am 26sten früh ging der Wind nach SW, Nachmittags stand das Thermometer auf 19°, das Hygrometer auf 41°; bei unverändertem Winde stieg das Hygrometer am 27sten auf 50°, und am 28sten regnete es.

Eine Frage, welche die Physiker vielfach beschäftigt hat, betrifft die Aenderung des Feuchtigkeitszustandes mit der Höhe; aber selbst Physiker, welche Gelegenheit hatten, Beobachtungen anzustellen, beschäftigten sich mehr mit der Aufstellung von Hypothesen, als mit der Untersuchung ihrer Instrumente. Daher ist es denn jetzt noch nicht möglich, hierüber etwas Genügendes zu sagen, und es muß das Folgende nur als ein Versuch angesehen werden, diese Abnahme annähernd zu bestimmen.

Wäre die Erde nicht mit Luft umgeben und änderte sich die Temperatur mit der Höhe entweder gar nicht, oder weit langsamer, als es jetzt der Fall ist, dann würde der Raum zunächst an der Oberfläche des Bodens ganz mit Dämpfen gesättigt seyn, und die Expansivkraft ließe sich in jeder Höhe leicht bestimmen. Uebersehen wir nämlich zunächst die Abnahme der Temperatur mit der Höhe, so nimmt die Dichtigkeit des Dampfes ganz nach dem Mariotte'schen Gesetze ab; ist dann X der Höhenunterschied zwischen zwei Punkten, δ die Dichtigkeit des Gases als Einheit betrachtet, H und h die Länge der Quecksilbersäule, mit welcher der Dampf an der obern und untern Station im Gleichgewichte steht, K der Barometerstand, bei welchem die Abwägung des Gases vorgenommen war, und M der Modulus der natürlichen Logarithmen, so wird

$$X = \frac{MK}{\delta} . \log \frac{H}{h}$$

94) Saussure Hygrometrie S. 367.

Für atmosphärische Luft wird dieses die bekannte Formel fürs Höhenmessen mit dem Barometer

$$X = 56447 . \log \frac{H}{h}$$

Setze ich in dieselbe die oben gefundene Größe für die Dichtigkeit des Wasserdampfes, so wird bei Beachtung der Temperaturänderung mit der Höhe

$$X = 90923 \log \frac{H}{h} \left(1 + 0{,}00375 \frac{T+t}{2}\right)$$

wo T die Temperatur an der untern, t die an der obern Station bezeichnet. Sind hier H, X, T und t gegeben, so läßt sich daraus sehr leicht h herleiten. Es ist nämlich

$$\log h = \log H - \frac{X}{90923 \left(1 + 0{,}00375 \frac{T+t}{2}\right)}$$

Nach dem Dalton'schen Gesetze verbreitet sich der Dampf mit der Zeit durch die Poren eines Gases genau auf dieselbe Art als im luftleeren Raume, und es würde mithin dieser Ausdruck für den mittleren Zustand der Atmosphäre so lange gelten, als nicht andere Ursachen eine Abweichung von dem Gesetze bedingen. Solche Ursachen aber sind wirklich vorhanden; es kann in den oberen Regionen der Atmosphäre vermöge der Temperaturabnahme nicht so viel Dampf in elastischer Gestalt vorhanden seyn, als dieser Ausdruck angiebt. Es sey die Temperatur am Boden $T = 20^\circ$, wäre die Atmosphäre mit Dampf gesättigt, so wäre seine Expansivkraft $7''',48$, die Menge des wirklich vorhandenen Dampfes betrage aber nur $4''',00 = H$; im Durchschnitte nimmt die Wärme der Atmosphäre um 1° ab, wenn man 600 Fuß in die Höhe steigt, ich will dafür 1000 Fuß annehmen, so ist die Wärme in einer Höhe von 20000 Fuß $t = 0$ und hieraus folgt

$$\log h = 0{,}602060 - 0{,}212015 = 0{,}390045$$

also $h = 2''',46$, aber bei einer Wärme von 0° kann die Expansivkraft des Dampfes nur $2''',03$ betragen, es wird sich also ein Niederschlag bilden und der angenommene Coefficient ist nicht richtig.

Nichts desto weniger berechtigen uns alle übrigen Erfahrungen, welche wir über die Natur der Dämpfe besitzen, zur An-

nahme, daß auch die Elasticität des Dampfes in geometrischer Reihe abnehme, wenn die Höhe in arithmetischer wächst, und daß hier nur ein anderer Coefficient anzuwenden sey. Um diesen für den mittleren Zustand der Atmosphäre zu bestimmen, sind lange fortgesetzte Messungen an zwei Orten erforderlich, welche einen bedeutenden Unterschied der Höhe haben; bis jetzt besitzen wir anhaltende Messungen nur in Genf und auf dem St. Bernhard, beide Orte gehören in Beziehung auf die Hydrometeore nicht zu derselben Gruppe von Klimaten, und es würde zweckmäßiger seyn, mit Genf einen Ort am nördlichen Abhange der Alpen und mit dem St. Bernhard einen Punkt in der lombardischen Ebene zu vergleichen. Da dieses aus Mangel an Beobachtungen aber nicht möglich ist, so will ich mich derselben bedienen, da sie uns diese Größe wenigstens annähernd geben. Da der Höhenunterschied zwischen beiden Orten 6450 Fuß beträgt, so erhalten wir für die Constante C

$$C = \frac{6450}{(\log . H - \log h)\left(1 + 0{,}00375\,\frac{T+t}{2}\right)}$$

Wenden wir die tägliche mittlere Temperatur und Expansivkraft des Dampfes an, so erhalten wir folgende Größen:

Monat	Genf		St. Bernhard		Werth von C
	T	H	t	h	
Januar	0°,7	1'''62	—9°,0	0''',74	19255
Februar	2,8	1,69	—7,0	0,78	19356
März	5,9	1,86	—5,6	0,93	21413
April	10,3	2,39	—1,5	1,21	21474
Mai	14,1	3,08	2,4	1,61	22041
Junius	15,7	3,48	4,3	1,80	21715
Julius	17,4	4,08	5,9	2,03	20389
August	17,6	4,15	7,7	2,32	24443
September	14,6	3,66	4,4	1,87	22266
October	9,7	2,79	—0,4	1,33	19707
November	5,4	2,05	—3,2	1,14	25216
December	2,5	1,76	—5,2	0,96	24632
Jahr					21826

Der Werth von C ist hier das ganze Jahr nahe gleich, zwar scheinen die Beobachtungen in den ersten Monaten des Jahres darauf zu deuten, daß sein Werth im Sommer größer sey, als im Winter, jedoch beweist das Resultat im November und December, daß dieses nicht der Fall sey; wäre der Druck der Dampfatmosphäre im Januar z. B. auf dem Bernhard 0''',80 gewesen, dann hätte C in diesem Monate denselben Werth gehabt, als im Mittel des Jahres. Wir dürfen daher, so lange bis genauere Beobachtungen uns eines Besseren belehren, annehmen, es sey

$$X = 21826 \log \frac{H}{h} \left(1 + 0{,}00375 \frac{T+t}{2}\right)$$

Ob dieser Ausdruck auch für den mittleren Zustand der Atmosphäre in andern Gegenden gelte, läßt sich aus Mangel an Beobachtungen nicht bestimmen. Für die Cordilleren in Südamerica giebt Humboldt [95]) den mittleren Thermometer- und Hygrometerstand von 1000 zu 1000 Metern an. Nehmen wir an, daß dieser Zustand für die Mitte der gedachten Regionen gelte, und rechnen wir der Einfachheit halber den Meter zu 3 Fuß, so ergeben sich folgende Größen:

Höhe	Temperatur	Haarhygrometer	Dampf	Werth von C
1500 Fuß	25°,3	86°	7''',28	. . . . . .
4500	21,2	80	4,90	16066
7500	18,7	74	3,59	18052
10500	9,0	65	1,53	12485
13500	3,7	54	0,81	12339
16500	3,0	38	0,50	12683

In niederen Höhen weicht der Werth von C, den ich mit Anwendung der unteren Beobachtung für die einzelnen Stationen entwickelt habe, nicht sehr bedeutend von dem für die Schweiz gefundenen ab; denn hätte ich z. B. vermittelst dieses den Druck der Dampfatmosphäre in der Höhe von 7500 Fuß entwickelt, so hätte ich 4''',06 erhalten, diese Größe würde vollkommen mit der Erfahrung übereingestimmt haben, wenn der mittlere Hygrometerstand in jener Station 78 betragen hätte. Da nun das

95) Humboldt Tableau de la nature p. 97.

aus wenigen Messungen hergeleitete Mittel nur um wenige Grade von dieser Größe abweicht, so können wir hier für niedere Regionen nahe dasselbe Gesetz annehmen, als für höhere Breiten.

Noch besitzen wir folgende Messungen, welche Capitain Sabine zwischen den Wendekreisen mit einem Hygrometer von Daniell anstellte [96].

Gegend	Höhe	Thermometer	Thaupunkt	Dampf	Werth von C
Madeira	0	18°,3	12°,2	4''',60	12571
	2610	9,4	5,3	2,92	
	0	18,6	11,7	4,45	13084
	4170	7,8	1,1	2,21	
	0	17,8	13,3	4,93	12379
	4110	5,6	2,2	2,37	
	0	16,4	14,4	5,29	14077
	5080	2,2	2,2	2,37	

Ort	Höhe	Thermometer	Hygromet.	Dampf	Werth von C
Jamaica	0	28°,1	25°,0	9''',21	24156
		25,6	22,2		
	3820	20,3	20,3	6,66	
		18,3	15,6		
Ascension	0	28,3	20,0	7,88	40738
		29,2	21,7		
	2085	21,3	19,2	7,12	
		22,2	19,2		

Der Grund für die bedeutenden Differenzen des Werthes von C scheint mir in Folgendem zu liegen. Gesetzt, die Atmosphäre wäre vollkommen trocken, so erfolgt die Verdunstung des Wassers sehr schnell, der Dampf steigt bald nach oben, nimmt aber sehr schnell ab, und C hat daher einen sehr kleinen Werth. Im Innern großer Continente müssen die benachbarten Meere den meisten in der Atmosphäre befindlichen Dampf hergeben, daher ist der Coefficient im südlichen America kleiner als in Europa. In der Region der Passate kommen in jedem Momente trockene

96) Daniell Meteor. Essays p. 314 folg.

Luftschichten aus höheren Breiten, sie nehmen auf der Oberfläche des Meeres zwar bald viel Dampf auf, aber dann steigen sie schnell in die Höhe, um den Rückweg nach den Polen anzutreten. Selbst bei diesem Aufsteigen verlieren sie durch die Niederschläge in der Nähe des Aequators einen Theil ihres Wassers. Daher ist der Coefficient auf Madeira so klein. Wenn aber der Verdunstungsprozeß in der Nähe des Meeres längere Zeit fortdauert, dann wird der Werth von C größer, die Atmosphäre kommt dem Zustande der Sättigung am Boden näher, und es erfolgt ein Niederschlag. Dieses gilt von Jamaica, indem zur Zeit, wo die Beobachtungen angestellt wurden, der Himmel beständig bewölkt war [97]), und wenn ich einigen wenigen eigenen Messungen ein hinreichendes Gewicht geben darf, so zeigt sich eben dieses in Europa. Im Herbste 1829 fand ich den Coefficienten auf dem Kaiserstuhle bei Heidelberg aus fünf beim Auf- und Absteigen des Berges gemachten Beobachtungen mit dem Psychrometer = 41600, dabei umzogen Nebel öfter die Spitze des Berges und mehrmals fiel ein feiner Regen. Einige Zeit später fand ich bei Rüdesheim am rechten Rheinufer bei fast heiterem Himmel C = 22800; zehn Messungen zwischen Wiesbaden und dem Wurzelberge, die ich an fünf Stationen beim Auf- und Absteigen des Berges bei sehr veränderlichem Wetter anstellte, gaben einen in der Mitte liegenden Werth. Wenn jedoch die feuchte Luft auf ihrem Wege Hindernisse antrifft, dann kann der Dampf sehr langsam abnehmen. Die Dämpfe, welche von dem Passate gegen die Insel Ascension geführt werden, steigen schnell in die oberen Schichten der Atmosphäre und daher ist hier der Coefficient so groß.

Wenn auf diese Art die Dampfatmosphäre eine solche Beschaffenheit erhalten hat, daß in einer gewissen Höhe der Zustand der Sättigung eingetreten ist, dann erfolgt ein Niederschlag, und das Wasser sinkt unter der Gestalt von Tropfen herab. Meistens haben diese eine geringere Temperatur, als die Regionen, durch welche sie fallen: es schlägt sich an ihnen in jedem Momente Dampf nieder, bis endlich die Luft einen großen Theil Wasser

---

97) Daniell Meteor. Essays. p. 333.

verloren hat und heiterer Himmel folgt, bei welchem der Coefficient C wieder sehr klein wird.

Aus diesen Niederschlägen scheint sich auch die große Trockenheit zu ergeben, welche man öfter in den oberen Regionen der Atmosphäre bemerkt. Saussure [99]) und de Luc [100]) machten besonders auf diesen von ihnen auf den Alpen bemerkten Umstand aufmerksam, und es scheint allerdings auffallend, daß hier das Hygrometer dem Punkte der Trockenheit näher ist, als in der Tiefe, da die Dämpfe dort bei ihrer Bewegung einen weit geringeren Widerstand empfinden. Biot [1]) glaubt, daß gerade dieser Widerstand Ursache der größeren Trockenheit sey, indem sich die Dämpfe leichter ausbreiten und also einen größeren Raum erfüllen können. Daß jedoch dieser Umstand von geringer Bedeutung ist, folgt schon daraus, daß ja auch unter diesen Umständen mit der Zeit der Raum in denselben Feuchtigkeitszustand kommen müßte, als die Luft am Boden. Es sind auf den Bergen, wo Saussure und de Luc ihre Messungen anstellten, die Niederschläge, welche unaufhörlich erfolgen, Ursache der größeren Trockenheit. Im Sommer ist der Boden dort weit kälter als die Luft, da, wo in den höheren Regionen Gletscher vorhanden sind, kann der Unterschied zwischen beiden 10 und mehr Grade betragen; nothwendig wird sich in jedem Momente ein Theil des Dampfes an diesen niederschlagen und die Feuchtigkeit der Atmosphäre geringer werden [2]). Daß aber auch an den nicht mit Eis bedeckten Bergen am kalten Boden sehr viel Dampf niedergeschlagen werde, das beweist die große Feuchtigkeit der Moose auf hohen Bergen [3]). Eben so fand Gay-Lussac auf seiner aerostatischen Reise eine bedeutende Abnahme der Feuchtigkeit mit der Höhe [4]); jedoch war hiebei die Abnahme des Hygrometerstandes nicht beständig, sondern das Hygrometer zeigte erst abnehmende, dann wieder zunehmende Feuchtigkeit; im Allgemeinen glaubt sich

99) Saussure Hygrometrie §. 346. Reisen IV, 365. §. 1125.

100) de Luc Idées II, 9. §. 542 folg.

1) Biot Traité I, 328.

2) Muncke in Gehler's Wörterb. I, 469.

3) Schultes in Gilbert's Annalen XXI, 485 bei Muncke l. l.

4) Gilbert's Annalen XX, 28.

Gay-Lussac berechtigt, eine Abnahme des Hygrometerstandes annehmen zu dürfen [5]). Erlaubt wird hiebei jedoch stets die Frage seyn, ob dasselbe Verhalten auch von dem mittleren Zustande der Atmosphäre gelte, zumal da wenigstens die oben mitgetheilten gleichzeitigen Beobachtungen auf dem Bernhard und in Genf diese Abnahme nicht zeigen, die Luft auf dem Bernhard sogar relativ feuchter ist, als in Genf.

Ueberrascht von diesem Phänomene, über welchem noch manches Dunkel schwebt und welches wohl zunächst eine sorgfältigere Prüfung auf experimentalem Wege verdient, stellte de Luc seine bekannte hygrologische Theorie auf [6]), welche durch die Autorität ihres Urhebers ein großes Ansehen erhielt und in den meisten Lehrbüchern aus dem Ende des vorigen und dem Anfange dieses Jahrhunderts vorgetragen wird: die Dämpfe nämlich, welche unaufhörlich in die Höhe steigen, verschwinden als solche, indem sie sich in atmosphärische Luft verwandeln, und daher sind sie mit dem Hygrometer nicht zu erkennen. Das Wasser bildet die ponderable Basis der atmosphärischen Luft, so wie aller übrigen Gase; wenn aber diese Gase zersetzt werden, dann fällt Regen herab, indem die atmosphärische Luft wieder in Wasser verwandelt wird. Diese Hypothese, welche de Luc zu einer Zeit aufstellte, wo Priestley, Cavendish, Lavoisier und andere gleichzeitige Physiker die ersten Untersuchungen über die Natur der Gase anstellten, wo sich zeigte, daß Hydrogen bei der Verbrennung in atmosphärischer Luft Wasser erzeugte und wo nicht immer trockene Gase bei der Untersuchung angewendet wurden, so daß sich etwas Wasser nach der Operation zeigte, schien um so eher der Natur zu entsprechen, da de Luc durch sein Hygrometer oft kurze Zeit vor der Bildung der Wolken auf einem Berggipfel große Trockenheit an derselben Stelle gefunden hatte. So allgemeinen Beifall aber diese Hypothese fand, so zeigte schon Zylius im J. 1795 in seiner von der Berliner Academie gekrönten Preis-

---

5) Humboldt Tableau de la nature p. 100. Daß auch in diesem Falle die Feuchtigkeit in größerer Höhe wieder zunahm, geht daraus hervor, daß Gay-Lussac noch Wolken über sich sah.

6) de Luc Idées II, 41. §. 565.

schrift ihre Unhaltbarkeit [7]), und ungeachtet der derben Kritik dieser Schrift durch Lichtenberg [8]) haben alle folgenden Kenntnisse, welche wir über die Natur der Gase und Dämpfe erlangt haben, ihre Unrichtigkeit bewiesen. Soll die atmosphärische Luft in ein tropfbares Fluidum verwandelt werden, so kann dieses Fluidum nie Wasser seyn, so lange die beiden Bestandtheile der Atmosphäre sich verbinden: es würde in diesem Falle Salpetersäure aus der Atmosphäre herabstürzen. Der wichtigste Umstand jedoch, auf welchen de Luc sich stützte, war die große Trockenheit an Orten, wo sich kurze Zeit darauf Wolken bildeten; aber diese Beobachtungen wurden mit einem sehr unvollkommenen Instrumente angestellt, welches im hohen Grade träge ist, so daß wir hierauf kein zu großes Gewicht legen dürfen.

Ich will jedoch nicht länger bei dieser Untersuchung verweilen, zumal da es so sehr an directen Untersuchungen fehlt [9]), sondern will jetzt zu den Niederschlägen in der Atmosphäre übergehen, indem ich unter Niederschlägen alle jene Vorgänge verstehe, bei denen ein Theil des in der Atmosphäre enthaltenen Dampfes als elastischer und durchsichtiger Dampf verschwindet. Ich rechne dahin Thau, Nebel, Wolken und Regen.

Die Bildung dieser Niederschläge kann durch mancherlei Ursachen bedingt werden. Es kann geschehen, daß ein fester oder flüssiger Körper mit einer Luftmasse in Berührung kommt, welche eine weit höhere Temperatur hat, als er selbst; wenn hier die Dampfmenge so beschaffen ist, daß sie im Zustande der Sättigung eine größere Wärme haben würde, als dieser Körper, dann schlägt sich ein Theil des Dampfes unter der Gestalt kleiner Tropfen auf der Oberfläche des Körpers nieder. Dieses ist das Princip, welches der Construction des Schwefeläther-Hygrometers zum Grunde

---

7) Prüfung der neuen Theorie des Herrn de Luc vom Regen und seiner daraus abgeleiteten Einwürfe gegen die Auflösungstheorie. 8. Berlin 1795.

8) Lichtenberg Vertheidigung des Hygrometers und der de Luc'schen Theorie vom Regen. 8. Göttingen 1800.

9) Daniell hat im zweiten und dritten Abschnitte seiner Meterological Essays sehr ausführliche Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt. Seine Resultate weichen zum Theil von den obigen ab.

liegt. So häufig in der Atmosphäre durch diesen Umstand Niederschläge erzeugt werden, so fallen diese weniger in die Augen, als diejenigen, welche durch eine Erkaltung der Luftmasse selbst bedingt werden. Wenn Dämpfe von der Oberfläche der Erde durch aufsteigende Luftströme schnell in die kälteren Regionen der Atmosphäre geführt werden, dann bilden sich in kurzer Zeit Nebel oder Wolken. Hutton [10]) machte in dieser Hinsicht zuerst auf ein Gesetz aufmerksam, welches für die Theorie der Niederschläge von großer Wichtigkeit ist. Wenn wir zwei mit Dämpfen gesättigte Luftmassen von verschiedener Temperatur mit einander mischen, dann muß stets ein Niederschlag Statt finden. Durch eine Reihe scharfsinniger Inductionen suchte Hutton diese Beobachtung im Jahre 1784 zu beweisen; die späteren Untersuchungen über Dämpfe haben ihre Richtigkeit erwiesen. Da nämlich die Elasticität des Dampfes schneller wächst, als die Temperatur, so ist begreiflich, daß das arithmetische Mittel zweier beliebigen Expansivkräfte größer ist, als diejenige, welche der mittleren Temperatur entspricht. Gesetzt, man hätte zwei gesättigte Luftmassen von 0° und 20°, beide hätten gleiches Volumen und würden mit einander gemischt, so beträgt die Temperatur jetzt 10°, und dieser entspricht im Zustande der Sättigung eine Dampfmenge von der Expansivkraft 3''',99; das arithmetische Mittel der beiden ursprünglich gegebenen Dampfmassen giebt eine Expansivkraft von

$$\frac{2''',03 + 7''',48}{2} = 4''',76,$$

also bedeutend größer, und es muß sich ein Theil niederschlagen. Selbst dann, wenn die Luftmassen nicht gesättigt sind, kann es geschehen, daß sich ein Niederschlag bildet, stets aber kommt die Atmosphäre dem Zustande der Sättigung näher, wenn sich auch kein Niederschlag bilden sollte. Gesetzt, die Luftmassen von 0° und 20° Wärme enthielten respective die Dampfmenge von 1''',02 und 3''',74 Expansivkraft, jede enthalte also nur die Hälfte der Dämpfe, welche sie im Zustande der Sättigung annehmen kann. Werden sie mit einander gemengt, so ist der mittlere Druck des Dampfes 2''',88; der Temperatur von 10° entspricht die Dampfmenge von 3''',99, und wenn diese mit 100 bezeichnet wird, so enthält die Mischung 72 Theile der

10) Transactions of the Soc. of Edinburgh. I, 42.

Dampfmenge, welche zur Sättigung erforderlich ist, während jeder der einzelnen Theile nur 50 enthielt. Hieraus ergeben sich dann manche alltägliche Erscheinungen. Die Luft, welche warmblütige Thiere aushauchen, ist nahe mit Dämpfen gesättigt; wenn diese im Winter in die kalte Luft tritt, dann wird der Dampf sogleich zu einem Nebel niedergeschlagen [11]). Wenn Wasser bis zum Sieden erhitzt wird, so bildet sich über dem Gefäße in der kalten Luft ein Niederschlag. Daher die Nebel über den heißen Quellen und viele andere Phänomene.

Unter den verschiedenen Arten von Niederschlägen will ich mit dem Thau beginnen. Bekanntlich versteht man darunter einen Niederschlag, welcher sich besonders im Sommer an der Oberfläche des Bodens, vorzüglich an Pflanzen während der Nacht in der Gestalt von Tropfen zeigt. Um die Menge des Thaues zu messen, bedient man sich der Thaumesser, Drosometer [12]). Schon Lambert empfahl, man sollte wohl ausgewaschene und lockige Haare der Luft aussetzen und die Gewichtszunahme derselben während einer gegebenen Zeit messen [13]). In der Folge haben mehrere Gelehrte und unter diesen besonders Charles William Wells [14]) dieses Verfahren angewendet; Andere haben Platten von bestimmter Größe aus Körpern genommen, auf denen sich der Thau leicht niederschlug und ihre Gewichtszunahme bestimmt, wie dieses namentlich Wilson bei seinen

11) Hutton l. l. p. 41. de Luc, mit dessen Theorie allerdings diese einfache Erklärung nicht übereinstimmt, meint, que ce phénomène n'appartenoit pas à l'hygrologie, mais à la physiologie (Idées II, 76. §. 585). Als ob die Physiologie auf andern Grundsätzen beruhte, als die Physik! Freilich kann man von den meisten physiologischen Systemen noch dasselbe sagen, was einst Lichtenberg (Schriften VII, 69) von den geologischen Theorieen bemerkte.

12) δρόσος, Thau.

13) Lambert deutscher gelehrter Briefwechsel IV, 216.

14) Well's über den Thau. Aus d. Engl. übers. von Horner. 8. Zürich 1822. Ein Auszug aus dieser klassischen Abhandlung, von welcher der Verfasser von der königl. Gesellschaft in London den Rumfordschen Preis erhielt, befindet sich in den Annales de chimie V, 183—216. Andere wichtige Abhandlungen über den Thau sind die von Ch. M.

nen Untersuchungen über den Reif [15]) und in der Folge Flaugergues beim Thau [16]) gethan haben. Doch sind alle diese Messungen nur unter sich comparabel, und da es vorzugsweise darauf ankommt, die Umstände zu bestimmen, unter denen sich der Thau am häufigsten bildet, so dürfte Wolle am bequemsten seyn. Wells nahm bei seinen Untersuchungen gewöhnlich Flocken, 10 Gran schwer, welche er in möglichst gleiche, etwa 2 Zoll im Durchmesser haltende sphäroidische Massen zupfte und deren Gewichtszunahme er maß.

Die wichtigsten Umstände bei der Bildung dieses Niederschlages sind folgende:

1) Der Thau zeigt sich in größerer Menge nur in heiteren windstillen Nächten [17]). Diese Behauptung hat schon Aristoteles aufgestellt [18]); dagegen glaubte Musschenbroek [19]), daß sich in Holland der Thau vorzüglich dann bilde, wenn ein niedriger Nebel den Boden bedecke, jedoch der Zusatz, daß alle Körper ohne Unterschied befeuchtet werden, zeigt, daß die hier entstandenen Tropfen vom Nebel herrühren. Allen Erfahrungen von Wells zuwider behauptete Prieur [20]), daß stets ein frischer

---

L. Gersten Dissertatio roris decidui errorem antiquum et vulgarem per obs. et exper. nova excutiens bei seinem Tentam. syst. novi ad mutationes barometri ex natura elateris aërii demonstr. Francof. 1733. 8. Du Fay in den Mém. de Paris 1736. p. 352. le Roy ibid. 1751. p. 481. Hemmer in den pfalzbaierischen Beiträgen 1782. Heft IX. Saussure Hygrometrie §. 320. de Luc Idées II, 97. §. 605. Blackadder in Edinburgh phil. Journ. XI, 51. u. XIV, 81. Harvey ib. IX, 255. Brandes Beiträge S. 386. Ein Programm von Muncke, Sacra Natal. die XXII Nov. 1819 celebrata renunc. G. W. Muncke, ist mir unbekannt; es ist dasselbe gegen die Theorie von Wells gerichtet.

15) Trans of the Soc. of Edinb. I, 155.

16) Schweigger's Jahrb. XII, 249.

17) Wells über den Thau. S. 1. Brandes Beiträge S. 387. de Luc Idées II, 14. §. 547. Saussure Hygrometrie §. 325. Trail in Asiatic Res. II, 426.

18) Aristoteles Meteor. I. c. 10 de Mundo c. 3.

19) Musschenbroek Introductio §. 2344.

20) Journal de l'école polytechn. II, 409.

Wind ein Erforderniß der Thaubildung sey; nur zuweilen scheint ein schwacher Luftzug die Bildung des Thaues zu begünstigen. Wenn der Himmel bewölkt ist und kein Wind weht, oder der Himmel beim Winde heiter ist, dann zeigen sich nur einige Spuren von Thau, nie aber bei trübem und windigem Wetter. Selbst wenn sich bei heiterem Himmel schon Thau niedergeschlagen hatte, so verschwindet dieser in kurzer Zeit, wenn windiges, trübes Wetter folgt [21]), was auch bereits Wilson beim Reif beobachtet hatte [22]). Wenn dagegen heiteres, windstilles Wetter dem trüben folgt, dann schlägt sich der Thau ungewöhnlich reichlich nieder [23]).

2) Der Thau schlägt sich vorzugsweise an freistehenden Körpern nieder; legen wir zwei völlig gleiche Körper auf den Boden, spannen aber in der Entfernung von mehreren Fußen über den einen einen Schirm, etwa ein viereckiges Stück Leinwand von mehreren Quadratfuß Oberfläche, so schlägt sich auf letzterem entweder gar kein oder nur wenig Thau nieder. Ein Flocken Wolle unter ein dachförmig gebogenes Stück Pappe gelegt, nahm nur 2 Gran Thau auf, während ein anderes frei gegen den Himmel gerichtetes 16 Gran erhielt. Ein anderer Flocken Wolle, in einen oben offenen thönernen Cylinder von 1 Fuß Durchmesser und $2\frac{1}{2}$ Fuß Höhe gelegt, zeigte dasselbe Verhältniß, ein Beweis, daß die Pappe im ersten Falle nicht den Thau aufgefangen hatte [24]). Auf den Straßen der Städte, wo die Häuser stets einen Theil des Himmels verdecken, fällt daher weit weniger Thau, als im Freien.

3) Unter fast gleichen Umständen schlägt sich der Thau auf allen Körpern nicht in gleicher Menge nieder. Auf Pflanzen ist er weit reichlicher, als auf dem festen Erdboden; lockerer Kiesboden wird feuchter, als fest getretenes Erdreich; Glas wird weit leichter befeuchtet, als die Metalle, wie dieses bereits Muſſchenbroek bemerkt und Dufay bestätigt hatte. Es geschieht wohl,

21) Wells über den Thau S. 4.

22) Trans. of the Soc. of Edinburgh I, 169.

23) Wells S. 5.

24) Ebendas. S. 9.

daß absichtlich befeuchtete Metalle in Lagen trocken werden, wo andere Körper Thau aufnehmen. Diese Trägheit der Metalle, Thau niederzuschlagen, wird sogar andern Körpern mitgetheilt, wenn diese auf jene gelegt werden; ein Stück Wolle auf einem Metallspiegel liegend wird weit weniger feucht, als auf einem Stück Glas. Wenn aber die Stelle des Metalles auf dem Boden, besonders auf Rasen, öfter gewechselt wird, so schlägt sich der Thau leichter nieder. Dieser Widerstand, welchen die Metalle dem Niederschlage entgegenzusetzen scheinen, ist nicht bei allen gleich groß: so werden Platina, Eisen, Stahl, Zink weit früher bethaut, als Gold, Silber, Kupfer und Zinn. Man könnte allerdings auf den ersten Anblick vermuthen, daß die Metalle eine ungleiche chemische Anziehung zum Wasserdampfe hatten, wie dieses früher le Roy und Saussure [25]) geglaubt hatten; aber Wells überzeugte sich durch directe Versuche mit Metallplatten, welche er dem Wasserdampfe aussetzte, daß dieses nicht der Fall sey [26]). Es geht dieses auch daraus hervor, daß selbst der mechanische Zustand der Körper hiebei eine bedeutende Rolle spielt. So werden Holzspäne weit leichter feucht, als ein festes Stück Holz.

4) Aeltere Physiker glaubten, daß der Thau sich vorzüglich am Abend und am Morgen bilde; die Versuche von Wells zeigen, daß dieses nicht richtig sey [27]). Zu welcher Stunde der Nacht auch ein Körper ins Freie gebracht werden möge, stets schlägt sich auf ihm Thau nieder, ja es scheint, als ob die Größe des Niederschlages nach Mitternacht noch größer sey, als vor dieser Zeit. An beschatteten Orten scheint er sich schon am Nachmittage zu bilden, wenn die Wärme der Luft anfängt zu sinken; wenigstens fand Wells, daß das Gras schon einige Stunden vor dem Untergange der Sonne feucht war, obgleich noch keine Tropfen auf demselben zu bemerken waren.

5) Nicht allenthalben auf der Erde bildet sich der Thau in gleicher Menge. Am häufigsten findet man ihn in den Küstengegenden warmer Klimate. In Arabien (offenbar Küste) ist der

25) Saussure Hygrometrie §. 107. S. 121.

26) Wells S. 16.

27) Ebendas. S. 3.

Thau so reichlich, daß die Kleider der Reisenden davon durchnäßt werden [28]); eben so fällt in Suakim am rothen Meere in jeder Nacht viel Thau [29]); bei Tor am Golf von Suez ist der lehmige Boden vom gefallenen Thau in den Morgenstunden ganz schlüpfrig [30]), und in Alexandrien werden die Kleider und Terrassen so naß, als ob es geregnet hätte [31]). Eben so häufig ist derselbe am persischen Meerbusen [32]), in Chili [33]), und die Schiffer erkennen die Annäherung an die Küste Coromandel dadurch, daß sich Thau niederschlägt [34]). Dagegen fehlt der Thau fast gänzlich auf wasserlosen Ebenen im Innern der Continente, so in Brasilien in den Provinzen Bahia, Goyaz, Pernambuco und Ceará [35]); von den Bergen Gilans und Mazanderans bis zum persischen Meerbusen und von den Gegenden an den Alpenseen Van und Urmia bis Kaschmir zeigt sich im Sommer keine Spur von Thau [36]); auf dem Wege von Aleppo nach Orfah fand Buckingham Ende Mais und Anfang des Junius keinen Thau [37]). Eben dieses gilt von der Wüste Nubiens und der Sahara; so wie man aber die Nähe des Sees Tschad erreicht, so werden die Kleider ganz durchnäßt [38]). Eben solchen Einfluß von Binnenwassern erkennt man auch in andern Gegenden, so thaut es selbst in Persien in der Nähe feuchter Niederungen sehr schwach [39]), eben so in den Ebenen westlich vom Euphrat am Flusse selbst [40]),

---

28) Shaw bei Bergmann physical. Beschr. der Erdk. II, 27.
29) Burckhardt Nubia p. 428.
30) Rüppell Reisen S. 186.
31) Volney Voyage I, 51.
32) Niebuhr Arabien S. 9. Ker Porter Travels II, 123.
33) Molina Naturgeschichte von Chili S. 17.
34) le Gentil Voyages I, 625.
35) Spix und Martius Reise II, 624.
36) Olivier Persien I, 123 u. 145. Ker Porter Travels II, 63 u. 69.
37) Buckingham Mesopotamien S. 61.
38) Denham Narrative p. 47.
39) Morier Second Journey p. 154.
40) Olivier Persien II, 225.

in Aegypten am Nile [41]). In den westlichen Gegenden Pensylvaniens thaut es in der Nähe der Seen sehr heftig und stark [42]). Dagegen zeigt sich der Thau auf den niedrigen Corallen-Inseln der Südsee selten oder gar nicht [43]), und auch Schiffe auf dem Oceane werden nur selten feucht [44]).

Ueber die Entstehung des Thaues sind mehrere Hypothesen aufgestellt worden, und namentlich hat darüber längere Zeit ein Streit geherrscht, ob der Thau in die Höhe stiege, oder ob er herabfiele. Schon Aristoteles [45]) verglich den Thau mit einer Art Regen, welcher sich in den untern Regionen der Atmosphäre bildet und herabfällt, wenn die Kälte der Nacht die Dämpfe zu kleinen Tropfen condensirt hat. Diese Ansicht wurde lange Zeit als richtig angesehen, bis Gersten behauptete, daß der Thau in die Höhe steige, was später auch Dufay annahm. Letzterer hing Glasplatten horizontal und in verschiedenen Höhen über dem Boden auf. Hiebei zeigte sich, daß nur die untere Fläche feucht wurde; Platten, die 31′ über dem Boden hingen, wurden fast eine halbe Stunde später feucht, als die in der Nähe der Erde. Jedoch scheint aus den Untersuchungen von Wells zu folgen, daß der eigentliche Thau stets herabfällt. Ein Büschel Wolle auf ein horizontales Brett in einiger Höhe über dem Boden gelegt, also vor dem aufsteigenden Strome geschützt, wurde nach seinen Erfahrungen stärker bethaut, als ein ähnliches frei in der Luft hängendes Stück Wolle.

Die Thatsache, daß Glas sehr leicht, die Metalle dagegen sehr schwer bethauen, war Veranlassung zu einer electrischen Theorie dieses Niederschlages. Schon Dufay machte vor Franklin's Untersuchungen über das Wesen des Blitzes auf den Umstand aufmerksam, daß das Glas ein Isolator, die Metalle dagegen Leiter der Electricität seyen, ohne jedoch hieraus

41) Bruce Reisen III, 713. Pococke Beschreib. des Morgenl. I, 305.

42) Ellicott in Gilbert's Annalen XXXII, 325.

43) Chamisso in Kotzebue Reisen III, 33.

44) J. R. Forster Bemerkungen S. Spix u. Martius Reise I, 58 u. 72.

45) Aristoteles Meteorol. I, 10.

einen bestimmten Zusammenhang herzuleiten [46]). Als in der Folge Achard [47]) und Saussure [48]) die auch durch Schübler's umfassendere Untersuchung [49]) bestätigte Thatsache bekannt machten, daß sich bei der Thaubildung stets eine bedeutende Menge positiver Electricität entwickelte, so wurden die Erscheinungen des Thaues aus dieser Kraft abgeleitet. Namentlich glaubte Hube [50]), daß die positive E der Dämpfe hiebei in so fern eine Rolle spiele, als sie dadurch von isolirten Nichtleitern angezogen würden, ohne daß diese von ihnen Electricität erhalten; wenn aber die Nichtleiter mit dem Boden in Verbindung stehen, so werden sie durch Vertheilung negativ, nehmen der Luft ihre positive Electricität, stoßen die Bläschen ab, und daher wird eine auf Metall liegende Glasplatte nicht befeuchtet.

Aus den sorgfältigen Versuchen von Wells, die in der Folge von Harvey bestätigt sind, folgt, daß der Thau seinen Grund in einer schnellen Temperaturabnahme in der Nähe des Bodens hat. Wenn der feuchte, mit Pflanzen bedeckte Boden während des Tages von der Sonne erwärmt wird, so steigen sehr viel Dämpfe in die Höhe, welche zum Theil in den untern Regionen der Atmosphäre bleiben. Nach dem Untergange der Sonne strahlt der Boden seine Wärme sehr schnell aus, die Atmosphäre am Boden ist oft mehrere Grade kälter, als einige Fuß höher; dadurch schlägt sich ein Theil der Dämpfe an den festen Körpern nieder, es entsteht hier ein dampfleerer Raum, welcher durch Dämpfe von oben her ersetzt wird. Diese Erkaltung ist in der Nähe des Bodens oft sehr bedeutend; stets aber geht sie dem Niederschlage vorauf. Nicht selten fand Wells, daß ein Thermometer, dessen Kugel auf dem Boden lag, während sich der

46) J'avoue, so lauten Dufay's Worte, que je suis bien éloigné de voir le rapport, qu'il peut y avoir entre des propriétés si différentes; mais aussi je ne voudrois pas nier qu'il n'y en eût. Mém. de l'Acad. des Sc. 1736. p. 368.

47) Mém. de Berlin 1780.

48) Saussure Reisen III, 261. §. 803.

49) Schweigger's Jahrb. VIII, 21. und Encyclopädie der Landwirthschaft VII, 83.

50) Hube über Ausdünstung Cap. 35.

Thau bildete, 4, 5, ja 8° C niedriger stand, als ein 4 Fuß über dem Boden hängendes Instrument.

Aus dieser Hypothese ergeben sich die meisten der oben erwähnten Umstände. In heiteren windstillen Nächten ist die Erkaltung des Bodens weit stärker, als wenn dieses nicht der Fall ist. Wird die Atmosphäre bei heiterem Himmel bewegt, so wird die kalte Luftmasse am Boden durch eine wärmere verdrängt, das niedergeschlagene Wasser kann dann selbst verdunsten. Ist dagegen der Himmel bewölkt, dann wird die Wärmestrahlung ganz aufgehoben, indem die niedergeschlagenen Dämpfe der Wolke ihre frei gewordene Wärme nach unten strahlen; die Erkaltung hört also in diesem Falle ganz auf und damit zugleich der Niederschlag; ja es kann wohl geschehen, daß die Luft am Boden bei bewölktem und zugleich windigem Wetter mehrere Grade höher ist, als einige Fuß darüber [51]); selbst einzelne durch das Zenith gehende Wolken erhöhen die Temperatur am Boden sogleich. Wie einflußreich dieser Umstand sey, zeigen schon die älteren Versuche von Wilson im Winter, von denen ich einen auswähle, bei welchem ein Thermometer auf dem Schnee lag, ein zweites in der Luft 4 Fuß über dem Boden hing [52]).

1783 December 28.

Stunde	Beschaffenheit des Wetters	Wärme der Luft	Wärme des Schnees
11h A.	Völlig heiter	—15°,0 C	—21°,7 C
11. 30′	Desgl.	—15,6	—21,7
11. 50	Bewölkt	—14,4	—15,6
12. 30	Noch mehr bewölkt . .	—13,9	—13,9
13. 30	Es wird etwas heller .	—13,3	—15,6
13. 45	Desgl.	—13,3	—16,7
14. 20	Allenthalben heiter mit Ausnahme einer schlecht begränzten Wolke in NO	—12,8	—15,6
15. 0	Desgl. mit Ausnahme einer schlecht begränzten Wolke im Zenith	—11,7	—16,1

51) Brandes Beiträge S. 391.
52) Edinburgh Trans. I, 153.

Sehen wir also hier, wie bei bewölktem Himmel die Wärme des Bodens sehr schnell zunimmt, so ist begreiflich, daß der schon gebildete Thau in kurzer Zeit verschwinden kann.

Nicht alle Körper strahlen die Wärme mit gleicher Leichtigkeit aus. Nach den Untersuchungen von Leslie ist das Strahlungsvermögen polirter Metalle weit geringer, als das des Glases, daher schlägt sich auf letzterem der Thau leichter nieder. Nur dann, wenn die Stelle der Metallplatte öfter verändert wird, wenn wir also den wärmeren Körper stets auf erkaltete Stellen des Bodens legen, so verliert sie wegen ihres guten Leitungsvermögens ihre Wärme schneller und sie bethaut früher [53]). Eben dieser größere oder geringere Ersatz der Wärme aus dem Innern ist auch Ursache, daß zertheilte Körper, wie Späne, leichter bethaut werden, als massive. Da diese Temperaturabnahme am Boden beginnt und sich erst allmählig nach oben verbreitet, so wird begreiflich, daß die zunächst am Boden liegenden Körper früher bethauen, als höhere; daß Bäume weniger bethaut werden, als Gras; daß Pflanzen, die unter Bäumen stehen, durch die Verminderung der Wärmestrahlung durch die Blätter der Bäume weniger stark bethauen, als freistehende; daß ein Schirm, welcher dem Körper die Aussicht auf den Himmel verkleinert, die Thaubildung schwächt u. s. w.

In allen Fällen, wo sich der Thau niederschlägt, ist die Luftmasse, in welcher dieser Niederschlag erfolgt, mit Dämpfen gesättigt [54]). Begreiflich aber wird es, daß sich unter übrigens

53) Da das Glas die Wärme sehr stark ausstrahlt, dagegen nach den Untersuchungen von La Roche und Bérard nur leuchtende Wärme hindurchläßt, so wird begreiflich, daß der Boden unter einer Glasglocke wenig oder gar nicht erkaltet, und hieraus ergiebt sich das **Experimentum crucis**, wodurch Gersten zu der Hypothese geführt wurde, daß der Thau aufsteige. Eine auf den Boden gesetzte Glasglocke bethaut in ihrem Innern oft so stark, daß das Wasser in Tropfen herabläuft. Die Glocke erkaltet durch Strahlung sehr schnell, die Dämpfe schlagen sich an ihren Wänden nieder, und da der Boden so wie die Pflanzen sehr nahe dieselbe Temperatur behalten, so steigen noch während der Nacht neue Dämpfe auf, welche sich sogleich niederschlagen. Es ist also der Vorgang genau derselbe, als der, welcher beim sogenannten Schwitzen der Fenster Statt findet.

54) Saussure Hygrometrie S. 371.

gleichen Umständen desto mehr Thau bildet, je feuchter die Luft ist, weshalb man reichlichen Thau sehr häufig als Vorboten von Regen ansehen kann [55]). In diesem Falle kann es wohl geschehen, daß der Dampf schon in einiger Entfernung über dem Boden niedergeschlagen wird, dann bildet sich eine dünne Nebelschicht, welche aber stets nach der Thaubildung folgt [56]). Dieses ist der Thau, von welchem Muschenbroek glaubt, daß er aus Seen und Sümpfen aufsteige; aber mit der Entstehung dieser Nebelschicht wird das Phänomen complicirt, es schlägt sich dieser Nebel an allen Körpern ohne Ausnahme nieder, es ist also kein reiner Thau mehr [57]). Bei einerlei Dampfgehalt aber ist der Thau in kalten Nächten weit reichlicher, als in wärmeren, und daher erklärt sich die große Kälte in thaureichen Nächten [58]), jedoch ist diese Kälte nicht Wirkung, sondern Ursache des Thaues.

Aus dem Gesagten ergiebt sich auch der reichliche Thau in manchen, der Mangel desselben in anderen Gegenden. Da wo die Atmosphäre nur wenig Wasser enthält, kann sich auch keins niederschlagen. In Ländern aber, wo die Luft von benachbarten Meeren sehr viel Dämpfe erhält, wo ein heiterer Himmel die Strahlung begünstigt, wird sich sehr viel Wasser niederschlagen. Auf dem hohen Meere kann diese Strahlung keine bedeutende Erkaltung erzeugen, denn kaum ist ein Wassertheilchen auf der Oberfläche des Meeres etwas erkaltet, so sinkt es vermöge der dadurch erlangten größeren Dichtigkeit in die Tiefe, um einem wärmeren Platz zu machen. Die niederen Koralleninseln, auf denen die Strahlung zwar leichter erfolgen könnte, haben mei-

---

55) de Luc recherches III, 280. §. 725.

56) Harvey in Edinb. Phil. Journ. IX, 257. Parrot (Physik der Erde S. 428) hält den Thau nur für einen herabfallenden Nebel; ähnlich ist die Meinung von Volney Voyages II, 318. Howard bei Förster Wolken S. 40.

57) In feuchten Gegenden zeigt sich diese Nebelschicht fast stets einige Zeit nach dem Untergange der Sonne. An der pommerschen Küste erinnere ich mich sie fast stets bemerkt zu haben, während sie bei Halle weit seltener ist; hier zeigt sie sich auch nur vorzugsweise auf den Wiesen, weit seltener habe ich sie auf Kornfeldern bemerkt.

58) Wahlenberg Flora Carpath. p. XCIX.

stens eine zu kleine Oberfläche, es findet eine beständige Ausgleichung der Wärme zwischen ihnen und dem Meere Statt, daher sind die Differenzen der Temperatur am Tage und in der Nacht auf diesen Inseln sehr klein [59]); mit der Depression der Temperatur verschwindet auch zugleich die Thaubildung [60]).

---

59) Simonoff in Biblioth. univ. XXXI, 307.

60) Neuerdings hat Martius mehrere Einwendungen gegen die vorgetragene Theorie gemacht (Spix und Martius Reise nach Brasilien II, 624). Als der Verfasser durch die Provinz Bahia reiste (es war im October, also kurz vor dem Anfange der nassen Jahreszeit), so ging der Wind von O nach N, und nun bemerkte er zum ersten Male Thau, während er solchen in der Provinz Minas Geraës in gleicher Höhe über dem Meere (aber im April, also beim Beginn der trockenen Jahreszeit) nicht beobachtet hatte. Schon die Zeiten, in denen der Reisende durch jene Gegenden ging, deuten darauf, daß die Thaubildung ganz mit dem hygrometrischen Zustande der Luft zusammenhängt (s. tropische Regen). „Es wird beim ersten Blicke befremden, fährt der Vf. fort, daß man in den Ländern Brasiliens unter dem Aequator nicht nur den stärksten Thau in allen Monaten, sondern auch eine fast regelmäßige Bewölkung des Himmels nach Mittag beobachtet. Sollte man nicht glauben, daß hier, wo die stärkste Wärme eine in gleicher Progression zunehmende Verdunstung veranlaßt, die Reduction der atmosphärischen Dünste zur Verdichtung bis zum Thaupunkte am seltensten eintreten müsse? Allein dem ist nicht so, und vielmehr liegen die Gegenden, in denen die Thaubildung selten ist, zum Theil weit entfernt von der Linie." Aber auch dieses Phänomen hängt ganz mit dem hygrometrischen Zustande der Luft zusammen, welchen wir bei Untersuchung der tropischen Regen näher betrachten werden. Die Dämpfe, welche hier, wo keine regelmäßigen Winde wehen, in die Höhe steigen, werden in den obern Regionen der Atmosphäre leicht condensirt, die Luft selbst ist dem Zustande der Sättigung nahe, und erst wenn sie beim Aufsteigen einen großen Theil ihres Wassers verloren hat, bewegt sie sich als oberer Passat gegen die Pole. Sodann bemerkt der Verfasser, daß ein Theil der Tropfen, welche man auf den Pflanzen sieht, wohl von den Ausdünstungen der Pflanzen herrühren möchte. „Als Bestätigung dieser Ansicht darf ich anführen, daß wir in jenen Aequatorialgegenden den Thau in großer Menge auch an den spiegelglatten harten Blättern der Lorbeerbäume, Hymenäen u. s. w. antrafen, welche gemäß der Theorie der Wärmestrahlung, glatten Metallen vergleichbar, durch Erkalten keine liquiden Niederschläge auf sich erzeugen würden." Aber auch diese Behauptung ist im hohen Grade voreilig. Alle bisherigen Untersuchungen über Bewegung der Wärme deuten im Allgemeinen darauf, daß

Mit dem Thau nahe verwandt und zum Theil mit ihm identisch ist der Reif. Wir verstehen darunter jene feinen, in Ecken und Zacken ausfahrenden Eismassen, welche sich auf der Oberfläche fester Körper niederschlagen. Werden diese Massen genauer untersucht, so erkennt man, daß sie aus regelmäßig krystallisirten Theilchen bestehen, deren Ecken Winkel von 60° bilden (s. Schnee) und welche häufig zu sehr schönen Figuren mit einander verbunden sind. Es ist dieser Reif durch Wasser gebildet, welches sich auf kalten Körpern niederschlägt und hier sogleich gefriert. In vielen Fällen ist dieser Reif ein eigentlicher gefrorner Thau, wie dieses schon Scheuchzer behauptete [61]), und dieser zeigt sich nach den Erfahrungen von Wells und den älteren von Wilson genau unter denselben Umständen, als jener. Heitere windstille Nächte sind zu seiner Bildung erforderlich; die Körper, welche dann bereifen, haben eine Temperatur, welche mehrere Grade niedriger ist, als die der Luft; so wie sich aber der Himmel bewölkt, so verdunstet der Reif in kurzer Zeit [62]).

Da diese Eisdendriten dadurch gebildet werden, daß das auf den Körpern niedergeschlagene Wasser in kurzer Zeit gefriert, so können sie sich auch unter andern Umständen zeigen, dann aber ist es ein völlig verschiedenes Phänomen. Wenn auf länger dauernde Kälte ein warmer Südwind folgt, schlägt sich das Wasser an allen Körpern ohne Ausnahme mit Leichtigkeit unter der Gestalt des Reifes nieder; es sind dieses jene schönen Fäden, welche wir besonders zur Zeit von Nebeln an den Aesten der Bäume bemerken, gerade so wie die Ausdünstungen in Zimmern sich an den Fenstern, die der Brunnen an den umgebenden Körpern im Winter als Dendriten niederschlagen. Diese Bildung von Reif zeigt sich besonders in den Polargegenden bei Nebeln

---

Körper ein desto größeres Strahlungsvermögen besitzen, je schlechter sie leiten; aber trockene Hölzer gehören zu den schlechtesten Leitern, welche wir kennen, eben so ist Wasser ein schlechter Leiter, so daß auch harte glänzende Blätter wahrscheinlich die Wärme stark ausstrahlen. Daß der Glanz und die Glätte den Blättern der gedachten Pflanzen nicht ein geringeres Strahlungsvermögen mittheilt, geht daraus hervor, daß das glänzende Glas einer von den Körpern ist, welche am leichtesten bethaut werden.

61) Scheuchzer Naturgesch. des Schweizerlandes III, 20.

62) Wilson in den Trans. of the Soc. of Edinburgh I, 146—177.

sehr häufig und fast alle Reisende erzählen uns davon Thatsachen; dick sind dann die Taue mit Franzen von blendend weißer Farbe und regelmäßiger Krystallisation belegt, welche die Matrosen mit dem Namen Barbier bezeichnen [63]).

Das gesammelte Thauwasser ist meistens chemisch rein, nur zeichnet es sich durch einen Gehalt von Kohlensäure aus; in der Nähe von Salzseen hat es sehr viel salzsaure Salze [64]). Lange Zeit wurde jedoch angenommen, daß zuweilen ein Thau herabfalle, welcher den Pflanzen sehr schädlich sey. Es ist dieses der Mehlthau und Honigthau. Beide sind klebrige Feuchtigkeiten, welche sich bisweilen plötzlich auf den Pflanzen zeigen, die Vegetation hindern, den Früchten schaden und deswegen um so mehr gefürchtet werden, da die Pflanzen den Thieren schädlich sind. So erfolgte in den Jahren 1556 und 1669 auf solchen Thau in der Schweiz starkes Viehsterben [65]). Wie bereits Scheuchzer vermuthet hatte, so kommt dieser Thau nicht aus der Atmosphäre; er rührt nach den Untersuchungen Leche's [66]) von den Blattläusen her. Durch zwei auf dem Hinterleibe stehende Hörner geben dieselben ein süßes Wasser von sich, welches sich auf die Blätter setzt und dann austrocknet. Wird diese Flüssigkeit nicht von Bienen, Ameisen und andern Thieren verzehrt, so wird sie vom starken Thau aufgelöst, fließt auf die unteren Blätter und diese schrumpfen dadurch zusammen.

Wenn die Wärme der mit Dämpfen gesättigten Luft sinkt, so bildet sich der Niederschlag in der Atmosphäre selbst, die Durchsichtigkeit dieser wird dadurch vermindert; befinden sich diese niedergeschlagenen Dämpfe in der Nähe des Bodens, so heißen sie Nebel, in höheren Regionen Wolken. Wir wollen hier zunächst die Nebel betrachten.

Das Wasser der Nebel ist kein elastischer Dampf mehr, es ist tropfbares Wasser, welches sich zu kleinen Massen zusammengehäuft hat. Den Gesetzen der allgemeinen Anziehung zufolge

---

63) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 92.

64) S. oben S. 36.

65) Scheuchzer Naturhist. des Schweizerlandes III, 20.

66) Abh. d. schwed. Acad. 1762. S. 89. Kastner Handb. der Meteor. III, 206.

müssen wir annehmen, daß diese Massen eine kugelförmige Gestalt haben; ob sie aber massive oder hohle Kugeln bilden, darüber sind die Meinungen verschieden; es scheint jedoch, daß die Meinung, welche schon Halley aufgestellt hatte, daß das Wasser nur die Hülle einer Kugel bilde [67]), naturgemäßer sey, und deshalb wollen wir uns in der Folge der Ausdrücke Dampfbläschen, Nebelbläschen (vapeurs vésiculaires) bedienen. Es wird durch die Untersuchungen von Kratzenstein und Saussure sehr wahrscheinlich, daß die niedergeschlagenen Dämpfe wirklich diese Gestalt haben [68]). Man nehme eine Tasse mit wäßriger Flüssigkeit von dunkler Farbe, etwa Kaffe oder Wasser mit Tinte vermischt, erhitze sie und stelle sie nun in die Sonne oder an einen hellen Ort. Ist die Luft ruhig, so steigt eine Nebelmasse in die Höhe, welche nach einiger Zeit verschwindet. Ein aufmerksames Auge wird bald bemerken, daß dieser Nebel aus kleinen rundlichen, weißlichen und von einander abgesonderten Kügelchen besteht. Betrachtet man sie durch ein Vergrößerungsglas von 1″ oder 1½″ Brennweite, so sieht man, daß ungleich große Kügelchen sehr schnell aus der Flüssigkeit hervortreten; die feinsten erheben sich äußerst schnell, streichen geschwind durch das Feld des Glases; die gröbern hingegen fallen auf die Tasse nieder und rollen auf der Oberfläche der Flüssigkeit fort, ohne sich mit dieser zu mischen. Die Kleinheit dieser kleinen Kugeln, ihre Weiße, ihr Ansehen, welches sie von den festen Kügelchen durchaus unterscheidet, ihre Aehnlichkeit mit den größeren Blasen, die man auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmen sieht, setzen ihre Beschaffenheit nach Saussure außer allen Zweifel; man darf sie nur sehen, um sich zu überzeugen, daß es hohle Kugeln und den Seifenblasen bis auf die Größe völlig ähnlich sind. Derselben Meinung ist auch Robison, welcher sich besonders auf das optische Verhalten dieser Körper stützt [69]). Diese Dampftheilchen zeigen nicht das sternartige Funkeln, welches massive Wasserkügelchen bei starkem auffallenden Lichte dem Auge darzubieten pflegen, sondern

---

67) Phil. Trans. XVI, 368. XVIII, 183.

68) Kratzenstein von dem Aufsteigen der Dünste und Dämpfe S. 28. Saussure Hygrometrie S. 233. §. 201.

69) Robison Mechan. phil. II, 13.

eine mattere Reflexion, wie von einem dünnen Häutchen, nach Art der Seifenblasen. Läßt man Lichtstrahlen durch sie hindurchgehen, so zeigen sie sich von einem schwachen Regenbogen mit prismatischen Farben umgeben, gerade so wie derselbe nach optischen Gesetzen einer Anhäufung von Bläschen zugehört, aber ganz verschieden von einem solchen, welcher durch massive Wasserkügelchen entstehen müßte [69a]).

Und eben so sind nach den Erfahrungen von Saussure auch die Nebel und Wolken beschaffen [69b]). Gewiß aber ist es, daß diese Bläschen sich stets nur in einer Luft bilden, welche mit Dämpfen gesättigt ist, und wir müssen nothwendig annehmen, daß die Luftmasse, in welcher sich der Nebel befindet, mit Dämpfen gesättigt sey, wie dieses schon Saussure behauptet hatte [70]). Ich würde dieses Umstandes nicht gedacht haben, wenn Messungen mit unvollkommenen Instrumenten nicht zu der Idee geführt hätten, daß die Luft in Nebeln und Wolken nicht gesättigt sey. Erfahrungen dieser Art erwähnen de Luc [71]) und Humboldt [72]), beide aber stellten ihre Messungen mit dem unvollkommenen Fischbeinhygrometer an. So oft ich Messungen mit dem Psychrometer angestellt habe, so habe ich stets gefunden, daß die Luft gesättigt war. Bei mehreren Versuchen, welche ich im September und October 1829 am Rheine und im Taunus anstellte, fand ich stets in der Mitte der Nebelmassen die Angaben beider Thermometer gleich; nur an der Gränze des Nebels, oder dann, wenn dieser in kurzer Zeit verschwand, erhielt ich kleine Differenzen, welche aber nie die Größe von einem halben Grade überstiegen.

69a) Uebrigens hat Kratzenstein zuerst aus dem optischen Verhalten gefolgert, daß diese Dämpfe Bläschengestalt haben. S. Chr. Gottl. Kratzenstein Abh. von dem Aufsteigen der Dünste u. Dämpfe. Zweite Aufl. 8. Halle 1746. S. 5.

69b) Saussure Hygrometrie S. 239. §. 206. Ueber die Größe dieser Bläschen, ihre Eigenschaft in der Luft zu schweben, werde ich bei den Wolken sprechen.

70) Saussure Hygrometrie S. 369. §. 324.

71) de Luc Idées II, 38. §. 563.

72) Humboldt Voyage IV, 261.

Schon bei dem Thaue wurde des Nebels gedacht, welcher sich in windstillen Nächten einige Zeit später zeigt, nachdem der Thau sich gebildet hatte; hiebei aber hat Harvey stets bemerkt, daß nun die Temperatur des Bodens etwas größer ist, als die der Luft in einiger Entfernung [73]). Bei windstillem Wetter sehen wir häufig über stehenden Wassermassen eine dicke Nebelschicht, welche stets an derselben Stelle bleibt, ohne sich von dieser zu entfernen; bei näherer Untersuchung aber zeigt sich eine lebhafte Bewegung in dieser Masse, die Bläschen steigen schnell in die Höhe und verschwinden nach einiger Zeit. Besonders auffallend zeigt sich dieselbe im Winter über offenem Wasser; wenn die flüssige Wassermasse bedeutend wärmer ist, als die mehrere Grade unter Null erkaltete Luft, so steigen Dämpfe auf, welche sogleich condensirt werden. Ganz etwas Aehnliches zeigt sich am Morgen, namentlich im Frühjahre und Herbste, wo man feuchte Stellen schon von ferne an den darüber ruhenden Nebelmassen zu erkennen vermag. Stets aber ist in diesen Fällen der Boden wärmer, als die Luft. Schon de Luc machte hierauf aufmerksam [74]) und Winterbottom leitete daraus die Nebel ab, welche sich am Morgen über Flüssen zeigen [75]). In der Folge haben H. Davy [76]) und Harvey [77]) dieses durch eine Menge von Erfahrungen bestätigt. Wenn über Flüssen die Temperatur der Luft mehrere Grade niedriger ist, als die des Wassers, und die Luft in der Nähe über dem Lande nahe gesättigt ist, so darf man annehmen, daß sich stets Nebel bilden werden.

Wenn man eine solche ruhende Nebelmasse betrachtet, so findet man nicht selten, daß sie ihr Volumen in kurzer Zeit bedeutend vergrößert. Davy und nach ihm Harvey glauben nicht, daß die primitive Ursache auch diese Vergrößerung bewirke,

---

73) Harvey im Journal of the royal institution 1823. No. XXIX. p. 256. Edinb. phil. Journ. IX, 258.

74) de Luc rech. sur les modif. §. 673. T. III. p. 238. §. 695. T. III. p. 252. Idées sur la met. II, 81.

75) Winterbottom Nachr. v. d. Sierra-Leone-Küste S. 45.

76) Phil. Trans. 1819.

77) Journ. of the roy. Inst. 1823. No. XXIX. p. 55—64 u. Edinb. phil. Journ. Vol. IX. p. 255—259.

vielmehr nehmen beide an, daß die Dampfbläschen auf der Oberfläche der Nebelmasse lebhaft Wärme ausstrahlen, erkalten und daß durch die herabsinkenden Luftmassen die Temperatur in der Tiefe immer mehr deprimirt werde. Es scheint dieses durch die Erfahrung von Harvey bestätigt zu werden, wo einmal die Wärme der Luft in der Mitte der Masse geringer war, als in der Nähe der Gränze. Soll aber hierüber etwas Bestimmtes ausgemacht werden, so sind viele gleichzeitige Beobachtungen erforderlich; denn wenn man den Stand des Thermometers in einer Nebelmasse an derselben Stelle beobachtet, so findet man beständige Schwankungen in der Temperatur [78]). Es scheint mir vielmehr wahrscheinlich, daß noch dieselbe Ursache fortwirke. Der Nebel bildet sich nur dann, wenn die Luft nahe gesättigt ist; hat das Wasser eine höhere Temperatur, als die Luft, so schlagen sich die ersten Nebelmassen in der Nähe des Bodens nieder, so wie sie in die Höhe steigen, verdunsten die Bläschen in der nicht gesättigten Luft; durch diesen Verdunstungsproceß wird letztere in kurzer Zeit ebenfalls gesättigt und die neu ankommenden Bläschen lösen sich in dieser nicht mehr auf, sondern erst in der folgenden Luftschicht, welche in kurzer Zeit ebenfalls gesättigt wird. Es ist hier nahe derselbe Vorgang, welchen wir bei künstlich erwärmtem Wasser sehen. Der Wasserdampf, welcher aus den Schwadenfängen der Siedehäuser aufsteigt, wird in der Luft condensirt; ist diese trokken, so steigt die Säule nur bis zur Höhe von wenigen Fußen, hat eine geringe Dichtigkeit und verschwindet sehr schnell. Wenn dagegen die Luft feucht ist, so kann sie diesen Dampf nicht mehr aufnehmen, und die Nebelmasse verbreitet sich dann bis zu bedeutender Weite über dem Boden. Ich habe dieses Phänomen sehr häufig an den hiesigen Salinen gesehen, und es ist eine ziemlich richtige Meinung der Hallenser, daß eine dicke Nebelmasse über den Salinen einen baldigen Regen bedeutet. Ganz etwas Aehnliches bemerkt man an heißen Quellen, welche bei feuchtem Wet-

78) Bei einem Nebel, welchen ich im October 1829 auf dem Fußsteige von Coblenz nach Ems auf der Höhe beobachtete und vor dessen Ankunft aus dem Thale ich das Psychrometer 4′ vom Boden aufgehängt hatte, zeichnete ich die Angabe beider in Fünftelgrade getheilten Thermometer fast eine Stunde hindurch von Minute zu Minute auf, nur selten geschah es, daß zwei auf einander folgende Aufzeichnungen übereinstimmten; beide Instrumente gaben aber stets denselben Stand an.

Wetter weit mehr dampfen, als bei trockenem[79]), und die Anwohner des Stromboli prophezeihen baldigen Regen, wenn der Vulcan eine dicke Dampfsäule zeigt[80]); auch bemerkt schon Isidor, daß sich über dem Vesuv bei Landwinden eine geringere Dampfsäule zeige, als bei Seewinden, was auch Ferber bestätigt fand[80a]). Die beiden zuletzt erwähnten Phänomene lassen sich aus dem Gesagten eben so leicht ableiten, als das erste, ohne daß wir hier nöthig haben, unsere Zuflucht zu einem Zusammenhange des Lebens im Innern der Erde und in der Atmosphäre oder ähnlichen Hypothesen zu nehmen.

Häufig bemerkt man auf Gebirgen isolirte Nebelmassen, welche an einzelnen Stellen erscheinen, nur einen geringen Raum, oft einen Durchmesser von wenigen Fußen einnehmen und in geringer Höhe wieder verschwinden[80b]). So auffallend es scheint, daß nur vorzugsweise eine kleine Stelle den Nebel zeigt, sind auch hier kleine Differenzen der Temperatur, Ungleichheiten des Bodens, wodurch er feuchter oder trockener ist, mehr oder weniger erwärmt wird, die Ursachen des Niederschlages. Wie unbedeutend die Umstände seyn können, welche hier eine Rolle spielen, davon habe ich mich mehrmals überzeugt. Es genüge einen Fall mitzutheilen. Bei völlig bedecktem Himmel und feinem Regen ging ich am 12ten September 1829 von Wiesbaden nach der Platte im Taunus; kurz zuvor ehe ich den Fußsteig nach diesem Lustschlosse nahm, hörte der Regen auf, die Spitzen aller Berge waren mit dichten Nebeln bedeckt, welche sich bald auflösten, die Wolkendecke zerriß und die Sonne schien abwechselnd durch das Gewölk. In kurzer Zeit erhoben sich mehrere Nebelstreifen in Gestalt von Rauchsäulen an einzelnen Stellen; eine derselben zeigte sich in der Entfernung von einigen tausend Schritten von meinem Standpunkte auf einer Wiese, verschwand und erschien nach wenigen Minuten an derselben Stelle. Daselbst angekommen, fand ich mehrere neben einander liegende Wiesen in

79) de Luc rech. sur les modif. de l'atm. III, 248. §. 690.

80) de Luc rech. III, 257. §. 705.

80a) Du Carla im Journal de physique XX, 119.

80b) In manchen Gegenden drückt man die Erscheinung dadurch aus, daß man sagt: „der Hase kocht."

einer Höhe von 400 Fuß über Wiesbaden und 1300 Fuß unter der Platte. Nur eine von diesen war kurz gemäht, alle übrigen hatten noch ein ziemlich langes Gras; aber auch nur auf jener zeigte sich der Nebel und nur dann, wenn die Wiese einige Minuten von der Sonne beschienen war. Höchstens 3 Zoll vom Boden waren die Angaben des Psychrometers auf der geschnittenen Wiese, als die Sonne von einer dichten Wolke verdunkelt war, 13°,1 und 13°,0 R. Nach Kurzem erschien die Sonne, es erhob sich der Nebel, und ein Thermometer von meinem Körper beschattet zeigte am Boden 14°,8 R., in einer Höhe von etwa 4 Fuß 12°,3 R., und dabei stiegen die Nebelbläschen schnell in die Höhe. Einige Zeit später fand ich auf dem Boden der gemähten Wiese eine Temperatur von 15° R., auf der nichtgemähten 13°,4 R. Offenbar wurde hier der graslose Boden von den directen Strahlen der Sonne viel stärker erwärmt, und ganz dem oben Gesagten gemäß zeigte sich in dieser fast gesättigten Luft sogleich Nebel, so wie sich bei Einwirkung der Sonne mehr Dämpfe entwickelten, als die Luft fassen konnte [81]).

In dem Bisherigen wurde angenommen, daß der Boden bei feuchter Luft wärmer sey, als die Luft in der Höhe von einigen Fußen, aber es giebt Fälle, wo dieses nicht der Fall ist, wenigstens habe ich mehrmals bei dichten Nebeln Unterschiede gefunden, die sehr unbedeutend waren [81a]). Wenn die Luft längere Zeit, besonders im Winter, sehr kalt gewesen war und nun ein warmer SW Wind folgt, so werden die ankommenden Dämpfe condensirt und es bilden sich oft sehr dicke Nebel, welche sich auf allen Körpern in Gestalt von Tropfen oder Reif niederschlagen und als Vorboten von Regen angesehen werden. Daß jedoch auf Ebenen die meisten Nebel auf die zuerst betrachtete Art entstehen, geht besonders aus der Vertheilung der Nebeltage im Jahre hervor. Nennen wir nämlich Nebeltag einen jeden Tag, an welchem sich Nebel zeigt, möge derselbe nur kurze Zeit oder den ganzen Tag

81) Unglücklicherweise habe ich es vergessen, den Stand des Psychrometers bei einiger Höhe über dem Boden zu messen; daß die Luft jedoch fast ganz gesättigt war, zeigte eine Psychrometerbeobachtung, welche ich kurz darauf am Rande des Waldes neben dem Barometer anstellte. Hier erhielt ich 11°,9 und 11°,5.

81a) Auch Lampadius fand bei steigendem Nebel die Erde wärmer als die Luft, bei sinkendem das Gegentheil (Atmosphärol. S. 123).

dauern, so finden wir, daß die Zahl dieser Tage in verschiedenen Jahren sehr nahe gleich ist; die Zahl derselben ist nicht an allen Orten gleich, eben so wenig sind die Nebeltage durch das ganze Jahr gleichförmig vertheilt, wie folgende Tafel zeigt.

Monat	London [82]	Curhaven [82]	Hamburg [82]	Berlin [83]	Moscau [84]	Stuttgart [85]	München [86]	Tegernsee [87]	Peißenberg [88]	St. Gotthardt [89]
Januar	5,0	4,1	7,4	4,4	1,9	4,4	7,4	11,2	12,8	18,5
Februar	3,9	3,2	5,6	4,2	0,9	3,8	3,2	10,9	11,0	18,5
März	3,1	2,3	5,1	2,0	2,4	5,0	3,5	13,8	14,4	22,9
April	1,6	1,5	3,6	1,4	1,2	1,0	1,7	10,6	9,1	23,7
Mai	0,4	0,5	1,9	0,0	0,2	0,2	0,7	9,8	8,6	24,2
Junius	0,2	0,7	2,0	0,4	0,7	0,6	1,2	8,4	8,0	25,7
Julius	0,0	1,3	2,1	0,7	0,7	0,6	1,2	9,7	7,1	27,7
August	1,0	1,5	2,9	0,5	1,7	0,6	1,5	10,4	6,2	25,8
Septbr.	2,5	2,2	2,9	2,3	2,3	4,0	2,0	8,8	10,2	25,6
October	5,8	3,1	6,7	5,2	3,1	5,0	7,5	13,9	16,2	23,3
Novbr.	5,5	4,5	6,0	7,2	1,9	9,2	9,3	12,8	15,3	20,9
Decbr.	4,8	4,5	6,1	5,3	1,2	4,4	7,9	14,3	14,0	20,7
Jahr	33,8	29,4	52,3	33,6	18,2	38,8	47,1	134,6	132,9	27,7
Winter	40,5	40,2	36,5	41,3	22,0	32,5	39,3	27,0	28,5	20,5
Frühling	15,0	14,6	20,3	10,1	20,9	15,9	12,5	25,4	24,1	25,5
Sommer	3,6	12,0	13,4	4,8	17,0	4,6	8,3	21,2	16,0	28,5
Herbst	40,9	33,3	29,8	43,8	40,1	47,0	39,9	26,4	31,4	25,5

82) Bei Buek, Hamburgs Clima und Witterung S. 112. — In London ist der Nebel im Winter oft so dicht, daß man sich genöthigt sieht, die Läden und Werkstätten während des Tages künstlich zu erleuchten (Forster Wolken S. 13). Aber es scheint wenig wahrscheinlich, daß bloßer Wasserdampf die Luft verdunkle, vielmehr dürfte wohl der Steinkohlenrauch hiebei die wichtigste Rolle spielen. Auch in Paris und Amsterdam hat man ähnliche Nebel beobachtet; bei einem derselben bemerkte man in geringer Entfernung von Paris nichts mehr von diesem Nebel. Defrance in den Ann. de Chimie XXXIII, 413.

83) 6jähr. Beob. (1781—86) von Béguelin in den Mannheimer Ephemeriden.

84) 9jähr. Beob. (1783—89, 91—92) von Engel und Stritter in den Mannheimer Ephemeriden.

85) Bei Buek l. l.

86) 1629 Fuß über dem Meere. 12jähr. Beob. (1781—92) von Huebpauer und Imhof in den Mannheimer Ephemeriden.

87) 2263 Fuß über dem Meere. 9jähr. Beob. (1781—89) von Gotthardt und Magold in den Mannheimer Ephemeriden.

88) 3088 Fuß über dem Meere. 12jähr. Beob. (1781—92) von Fischer, Schlögel und Schwaiger in den Mannh. Ephemeriden.

89) 6440 Fuß über dem Meere. 12jähr. Beob. (1781—92) von Onuphrius und Laurentius in den Mannheimer Ephemeriden.

Uebersehen wir hier zunächst die ungleiche Anzahl der Nebeltage in London, Cuxhaven, Hamburg, Berlin, Stuttgart und München, so zeigt sich ein sehr großes Uebergewicht der Nebel im Winter und Herbste, während die Nebel im Sommer fast gänzlich verschwinden. Aber in jenen Jahreszeiten ist auch der Boden von der rückständigen Wärme des Sommers weit wärmer als die Luft, die aufsteigenden Dämpfe werden daher leichter condensirt und Nebel sind häufig. Nur Moscau macht in dieser Hinsicht eine Ausnahme, die Zahl der Nebeltage im Sommer [90]) ist fast eben so groß, als im Winter. Aber einerseits ist hier die Temperatur im Winter so gering, daß der Niederschlag wegen des geringen Dampfgehaltes der Atmosphäre nur unbedeutend seyn könnte, andererseits werden wir sogleich nachher beim Regen sehen, wie die Dampfmenge dort im Sommer viel größer ist, als im Winter.

Die obige Tafel zeigt uns noch einen andern Umstand. Die Zahl der Nebeltage ist an verschiedenen Orten höchst ungleich, auf dem Gotthardt fast zehnmal größer als in den Ebenen [91]). Und dieses zeigen uns andere Gegenden ebenfalls, denn stets ist der Nebel hier seltener als in den Gebirgen. So fehlt derselbe auf den trockenen Ebenen Asiens und Africas fast ganz, und wenn hier Reisende auch häufig Nebel erwähnen, so bleibt stets die Frage erlaubt, ob die Luft hier durch Dampfbläschen oder durch in die Höhe gerissene Sand= und Staubmassen getrübt wurde. Wenn aber die Dämpfe, namentlich im Sommer, mit Schnelligkeit in die Höhe gerissen werden, so können sie durch partielle, an den Wänden der Berge herabsinkende Stürme leichter condensirt werden; diese Condensation wird im Sommer, wo der Dampfgehalt der Atmosphäre größer ist, als im Winter, weit auffallender seyn, daher steigt die relative Zahl der Nebeltage im Sommer desto

90) Den Julius von 1783, wo Engel fast alle Tage Nebel sah (den Höherauch jenes Jahres) habe ich gänzlich ausgeschlossen.

91) Eine genaue Untersuchung ist hier bis jetzt noch nicht möglich, indem nicht alle Beobachter gleiche Sorgfalt auf diese Aufzeichnungen wenden. Davon habe ich mich bei Vergleichung der meisten Orte in den Mannheimer Ephemeriden und andern Zusammenstellungen häufig überzeugt.

mehr, je höher wir aufsteigen, so daß auf dem Gotthardt der Sommer das Uebergewicht hat [92]).

Nirgends sind die Nebel in der Tiefe so häufig, als auf den Polarmeeren [93]); besonders ist dieses auf dem nördlichen Theile des atlantischen Meeres in der Nähe von New-Foundland der Fall: aber die berüchtigten Nebel dieser Gegend rühren davon her, daß der Golfstrom, welcher sich hier nach Osten und Süden wendet, fast stets eine Temperatur hat, welche bedeutend höher ist, als die der darüber befindlichen Luft. Auch in andern Gegenden der Polarmeere treffen wir dieselben sehr häufig, und fast alle Reisenden, Cook, Kotzebue, Roß, Parry, Franklin und Scoresby, nebst älteren Beobachtern in der Sammlung von Purchas, erzählen uns so viele bekannte Thatsachen, daß es überflüssig ist, nur einige derselben zu erwähnen. Dabei zeigt sich der Umstand, daß der Nebel auf dem Meere oft eine sehr große Dichtigkeit hat, während die Spitze des Mastes sich in vollkommen heiterer Luft befindet [94]). Jedenfalls dürften auch hier geringe Temperaturdifferenzen Ursache dieser so niedrig schwebenden Nebel seyn.

Die Nebel, in welche die Bewohner der Gebirge meistens eingehüllt sind, erscheinen dem Beobachter in der Ebene von ferne als Wolken, welche sich um die Spitzen gelagert haben. Der Bau der letztern ist in den meisten Fällen eben so, als bei den Nebeln: es sind Dampfbläschen, welche in der Luft schweben. Wenn diese Bläschen sehr dicht neben einander befindlich sind, dann vereinigen sich mehrere zu einem Tropfen und fallen als Regen in die Tiefe. Wie groß der Einfluß der Gebirge auf diesen Niederschlag sey, davon zeugen folgende Thatsachen. Es giebt Gegenden der Erde, wo es nie regnet, oder wo der Regen doch zu den großen Seltenheiten gehört. In Ober-Aegypten ist dieses der

92) Wie läßt sich die Zunahme der Nebeltage mit der Höhe aus der Hypothese einer Abnahme der relativen Feuchtigkeit erklären?

93) An der Westküste Norwegens sind sie ebenfalls sehr häufig (L. v. Buch Reise nach Norwegen II, 66), aber hier findet Condensation an den Gebirgen Statt. S. Regen in Scandinavien.

94) Ross Entdeckungsreise S. 89. Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 200. Es ist dieses der *Stratus* nach Howard's Terminologie der Wolken.

Fall [95]); bei Theben regnet es zuweilen, jedoch nur an wenigen Tagen während des Jahres [96]). Eben so selten regnet es in der Sahara, und wenn in Fezzan auch zuweilen Niederschläge Statt finden, so ereignen sie sich doch nicht häufig genug, um Ackerbau darauf zu treiben [97]); dasselbe gilt von der kleinen Oase [98]). Eben dieses bemerkt man auf dem Plateau von Iran (Persien). Hier zeigen sich fast den ganzen Sommer hindurch keine Wolken, und das glänzendste Metall der Luft ausgesetzt rostet nicht [100]). Aber sobald eine Gebirgskette auf diesen Ebenen vorhanden ist, regnet es öfter. So regnet es auf den Küsten Arabiens nicht, dagegen sind auf den benachbarten Gebirgen die Regengüsse zuweilen so heftig, daß rauschende Bäche in die Ebene kommen [1]); um die Spitze des Sinai lagern sich häufig Wolken und Gewitter [2]), gerade so wie um die Berge in der Thebaïde und den Dschibel Barkal bei Meroë [3]). Im schwarzen Harudsch in der Sahara sind Regengüsse häufiger [4]), und in der Gebirgskette zwischen dem Nil und dem rothen Meere regnet es eben so oft, als in den Gebirgen von Palästina [5]), obgleich dort der Regen zuweilen Jahre lang ausbleibt [6]). Die gebirgigen Gegenden Ghilan und Mazanderan sind in Persien eben so durch ihre Fruchtbar-

95) Burckhardt Nubia p. 10, 362. Belzoni Narrative p. 312. Volney Voyage I, 50. Abdallatif relation ed. Sacy p. 2. Seneca Quaest. Nat. IV, 2.

96) Belzoni Narrative p. 124, 371.

97) Sherif Imhammed bei Lucas in den Proceedings I, 136. Hornemann Voyage I, 111. Denham und Clapperton Narrative p. XLIV.

98) Belzoni Narrative p. 417.

100) Malcolm history of Persia II, 507. Olivier Persien I, 146. Ker Porter Travels II, 69. W. Ouseley Travels I, 315. Chardin Voyages III, 280.

1) Niebuhr Arabien S. 3. Valentia Reise I, 531.

2) 2 Buch Mose XIX, 16.

3) Rüppell Reisen S. 74. 164.

4) Hornemann Voyage I, 83.

5) Burckhardt Nubia p. 10, 46, 175, 362. Bruce Reisen I, 230.

6) Belzoni Narrative p. 311.

keit berühmt, als durch ihre Regen berüchtigt [7]). Und allenthalben auf der Erde zeigt sich dieser Einfluß der Gebirge auf den Regen, stets aber sind diese auf der Seite häufiger, welche gegen den vom Meere kommenden Wind gerichtet ist. Daher regnet es auf der Küste Coromandel zur Zeit des SW-Moussons, auf der Küste Malabar zur Zeit des NO-Moussons; während es auf der Ostküste der Insel Owaihi häufig regnet, ist es auf der Westküste völlig heiter [8]). Und auch in unsern Gegenden sind ja die Wolken, welche sich um die Gebirge lagern, Vorboten von baldigem Regen.

Die große Hitze über den Ebenen von Asien und Africa bei der fast senkrecht stehenden Sonne ist Ursache ihrer Regenlosigkeit. Wenn die Dämpfe vom Mittelmeere durch die Nordwinde nach Süden oder Osten getrieben werden, so kommen sie in eine heiße Atmosphäre; die Luftmassen, mit welchen sie ankommen, werden stark erhitzt, daher entfernen sie sich immer mehr vom Punkte der Sättigung. Sehen sie sich genöthigt an steilen Gebirgsmassen aufzusteigen, gelangen sie also in kältere Regionen der Atmosphäre, so kommen sie der Sättigung näher und es kann Condensation Statt finden. Wenn die Bergkette sehr zerrissen ist, dann wehen in den einzelnen Thälern partielle Ströme, es werden Luftmassen von ungleicher Temperatur gemischt und dadurch die Bildung der Bläschen mehr begünstigt, ganz dem oben (S. 351) mitgetheilten und von Hutton entwickelten Theoreme gemäß. Daher erscheinen in den Cordilleren conische Berge wie Cotopaxi und Tunguragua weit häufiger von Wolken entblößt, als die zerrissenen Berge Antisana und Pichincha [9]).

Diese Wolken, welche sich über höheren Bergen befinden, scheinen oft lange Zeit an derselben Stelle und mit derselben Gestalt stehen zu bleiben, es ist aber gewiß, daß dieses nur scheinbar ist. L. v. Buch, welcher zuerst eine genügende Erklärung dieses

---

7) Malcolm history of Persia II, 511. Morier second Journey p. 362. Chardin Voyages III, 274. Hanway Geschichte des Engl. Handels nach Persien I, 205.

8) Chamisso in Kotzebue Reise III, 152. Vgl. Dampier Traité des Vents p. 79.

9) Humboldt Voyage I, 215.

Phänomenes gegeben hat [10]), fügt hinzu, auf den Pässen der Alpen sey das Hervortreten, Bewegen und Wiederverschwinden des Nebels eins der schönsten, lebhaftesten und auffallendsten Schauspiele. Nicht selten ziehen die Nebel am Hospiz des Gotthardt schnell vorüber; mächtig und dicht drängen sie sich in das plötzlich herabstürzende Thal von Tremola und über die Levantine hin. Man müßte glauben, in wenig Minuten sey die ganze Lombardei mit Nebeln bedeckt. Allein die Wolken erreichen nicht einmal den Ausgang des Thales von Tremola, von dem aus der Tiefe aufsteigenden warmen Strome werden sie schnell aufgelöst. Und diese Wirkung warmer Ströme, besonders dann, wenn die Dämpfe die Gebirgskette überstiegen haben und sich nun in die Tiefe senken, zeigt sich häufig sehr wirksam. Auf der Silla de Caracas befand sich Humboldt in einem sehr dichten Nebel, plötzlich erhob sich ein heftiger Ostwind, die Temperatur stieg, und in weniger als zwei Minuten waren alle Wolken verschwunden [11]). Eben so bemerkt Scoresby, daß die Gipfel der Faröer oft in ruhig stehende Wolken gehüllt sind, während ein heftiger Sturm weht und das übrige Gewölk mit Schnelligkeit fortführt; auf dem Benlomond bemerkte derselbe einst eine ruhig stehende Wolke, aber die Bläschen wurden so schnell fortgetrieben und der Wind war so heftig, daß er kaum stehen konnte [12]).

Die Vermischung der Luftschichten von ungleicher Temperatur zeigt sich bei den Inseln in den Aequinoctialmeeren sehr häufig. Seefahrer erkennen schon von ferne diese oft niedrigen Inseln an Wolken, die über ihnen gelagert sind [13]). Indem die vom Seewinde herbeigeführten Dämpfe in die Höhe steigen, werden sie an

10) Abhandl. d. Berl. Acad. 1814—15. Phys. Cl. S. 89.

11) Humboldt Voyage IV, 245.

12) Scoresby Reise S. 347. Andere Thatsachen erzählen Saussure Reisen I, 272. §. 294. IV, 29. §. 865. Daniell Essays p. 123. de Luc Modif. de l'atm. III, 282. §. 729. Dampier Traité des Vents p. 79. Hutton in Edinb. Trans. I, 65. Cunningham Neu-Südwales S. 99.

13) Hutton in Trans. of the Soc. of Edinburgh I, 59. 67. Humboldt Voyage XI, 129. Stubb in Phil. Trans. 1667. N. 27. p. 497 u. 718. Courejolles in Journ. de phys. LIV, 109. Dampier Traité des Vents p. 81.

der Gränze des obern und untern Luftstromes condensirt, und so entstehen selbst über kleinen Inseln Wolken oft in Gestalt eines Gürtels, welcher die Insel ringförmig einschließt.

Wenn wir die Wolken näher betrachten, so finden wir ungeachtet ihres verschiedenartigen Ansehens doch einige Aehnlichkeit in ihrem Bau; wir sind im Stande, sie unter verschiedene Hauptgruppen zu bringen. Schon ältere Meteorologen bezeichneten einzelne Wolken mit besonderen Namen, aber erst Luke Howard erwarb sich das Verdienst, eine bestimmte Terminologie einzuführen, welche allgemeine Aufnahme verdient [14]). Er unterscheidet drei wesentlich verschiedene Hauptformen von Wolken, den Cirrus, Cumulus und Stratus, denen sich dann noch vier Unterarten, theils als Uebergänge, theils als aus mehreren andern verbunden, anschließen, nämlich Cirrocumulus, Cirrostratus, Cumulostratus und Nimbus.

Der *Cirrus* oder die Federwolke besteht meistens aus zarten Fäden, welche bald als ein feiner weißlicher Federpinsel am blauen Himmel erscheinen, bald das Ansehen von gekräuselten Locken haben, bald sich netzförmig durchkreuzen. Von keiner Wolkenart ist das Ansehen so verschieden, zuweilen ändert der Cirrus in kurzer Zeit sein Ansehen, zu andern Zeiten steht er stundenlang ruhig an derselben Stelle, ja es trifft sich wohl, daß mehrere zugleich an sehr verschiedenen Punkten des Himmels stehende Federwolken dasselbe Ansehen haben [15]).

Der *Cumulus* oder die Haufenwolke zeigt sich in der einfachsten Form als Halbkugel über einer horizontalen Grundfläche; es häufen sich bald mehrere solcher einzelnen Halbkugeln zusammen und bilden die Wolken, welche am Horizonte stehend,

---

14) Wahrscheinlich behandelt Howard diesen Gegenstand ausführlich in dem mir unbekannten Climate of London. Die Ansichten Howard's sind vollständig entwickelt in Th. Forster Untersuchung über die Wolken und andere Erscheinungen in der Atmosphäre. A. d. Engl. 8. Leipzig 1819. Brandes Beiträge zur Witterungskunde S. 286, in dem Artikel Cloud in Rees Cyclopaedia. Kastner Meteorologie III, 553. Müller in Gilbert's Annalen LV, 102.

15) Forster Wolken S. 5.

einem Gebirge mit glänzenden Gipfeln, theils hell beleuchtet, theils dunkel schattirt gleichen [16]).

Der *Stratus* oder die Schichtwolke, ist eine oben und unten horizontal begränzte Nebelschicht, welche wir an heitern Sommertagen über Wiesen und Gewässern liegen sehen, die sich beim Untergange der Sonne bildet und nach ihrem Aufgange wieder verschwindet [17]). Es gehören hiezu also die feinen Nebel, welche wir oben bei der Thaubildung kennen lernten, so wie die niedrigen Nebelschichten über den Polarmeeren.

Unter *Cirrocumulus*, fedrige Haufenwolke, versteht Howard die zarten, runden, in Reihen geordneten Wolken, welche in Deutschland gewöhnlich Schäfchen heißen. Ihre äußere meistens abgerundete Form scheint sie den Haufenwolken zuzugesellen, aber ihrem inneren Baue nach und als hoch stehende, leichte und glänzende Wolken sind sie den Federwolken nahe verwandt [18]).

Der *Cirrostratus*, fedrige Schichtwolke, besteht aus flachen Wolkenblättchen, auch wohl aus kurzen faserigen Theilen, die aber schon dichter aussehen, als die Federwolken; er bildet allemal eine horizontale Schicht, welche im Zenith aus einer Menge zarter Wolken zusammengesetzt erscheint, am Horizonte aber, wo wir den verticalen Queerschnitt sehen, sich als eine lange dichte Wolke von sehr geringer Breite zeigt. Da die kleinen Wolken, aus denen sie besteht, oft in einem den ganzen Himmel bedeckenden Nebel stehen und zuweilen ganz in diese neblige Umgebung zerflossen scheinen, so bildet sie einen Uebergang zu einer Schichtwolke, welche als ausgebreiteter Nebel über uns steht. Sie kann aber auch den Uebergang zur Haufenwolke machen, wenn ihre leichten, faserigen und fedrigen Theile sich verdichten und das dickere, dunklere und dichtere Ansehen der Haufenwolke annehmen, die dann ganz in ihrer halbkugelförmigen Gestalt erscheint, aber doch offenbar aus zusammengeballten Stücken besteht [19]).

16) Brandes Beiträge S. 227. Forster Wolken S. 8.
17) Brandes S. 287.
18) Ebend. S. 287.
19) Ebend. S. 288.

Wenn die Cumuli sich häufen, sich immer mehr und mehr über einander thürmen und ein dunkleres Ansehen erhalten, so geht diese Wolkenart in den *Cumulostratus*, die gethürmte Haufenwolke, über; die Wolke steht dann nicht selten wie ein dunkles Gebirge über dem Horizonte und droht in die eigentliche Regen- oder Gewitterwolke überzugehen [20]).

Die eigentliche Regenwolke, der *Nimbus* oder *Cirro-cumulostratus*, entsteht meistens aus dem Cumulostratus. Sie zeigt sich als dunkle Wolkenmasse, mehr oder weniger horizontal ausgebreitet, mit einem faserigen Rande, so daß man nicht mehr im Stande ist, die einzelnen Theile, wie im Cumulus, zu erkennen.

Ehe ich die Eigenthümlichkeiten dieser einzelnen Wolkenarten und ihren Einfluß auf die Witterung betrachte, will ich die Methoden angeben, durch welche sich ihre Höhe bestimmen läßt. Vorausgesetzt wird bei dieser ganzen Bestimmung, daß die Erde eine Ebene sey, da die geringe Krümmung des Horizontes ganz übersehen werden kann. Eben so wollen wir annehmen, daß die Wolke sich zur Zeit der Beobachtung in einer mit dem Horizonte parallelen Ebene bewege.

Da die meisten dieser Methoden auf einfachen trigonometrischen Sätzen beruhen, so wird es im Allgemeinen genügen, die Art der Beobachtung anzugeben. Das scheinbar einfachste Verfahren ist das von Riccioli angegebene [21]). Zwei Beobachter, A und B, welche sich in einer bekannten Entfernung von einander befinden, messen in demselben Momente den Höhenwinkel einer Wolke, die mit ihnen in einem Verticalkreise liegt. Dadurch wird der Beobachter A in den Stand gesetzt, die Entfernung der Wolke von seinem Beobachtungspunkte und, da der Höhenwinkel bekannt ist, ihre verticale Höhe zu berechnen.

So einfach dieses Verfahren scheint, so wird es besonders dadurch beschwerlich, daß die beiden Beobachter bei einer größeren Distanz sich nur mit Mühe verständigen können. Da es bei dieser ganzen Arbeit darauf ankommt, einen zweiten Winkel in

---

20) Brandes Beiträge S. 289.

21) Riccioli Almagest. nov. I, 82. Man findet daselbst mehrere ältere Methoden und Schätzungen über die Höhe der Wolken mitgetheilt.

dem Dreiecke zu erhalten, so kann man dazu die Sonne mit großem Erfolg anwenden. Wenn eine Wolke sich in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreise befindet, so beachte man die Stelle, wohin ihr Schatten fällt, und messe die Höhe der Sonne und der Wolke. Da alle Sonnenstrahlen unserer Voraussetzung zufolge mit dem Horizonte gleiche Winkel bilden, so sind in dem aufzulösenden Dreiecke die beiden Winkel gegeben, und wenn die Distanz des Beobachtungsortes von der Gränze des Schattens gemessen wird, auch eine Seite, und alle Stücke lassen sich daher bestimmen [21a]).

Mit diesem Verfahren nahe verwandt ist das von Lambert angewendete [22]). Man beobachte den Punkt, wohin die Gränze des Schattens einer Wolke fällt, welche sich in dem durch die Sonne und den Beobachter gehenden Verticalkreise bewegt; zugleich werde der Höhenwinkel der Wolke gemessen. Nach einer bekannten Zeit werden beide Beobachtungen wiederholt und die Distanz der Punkte, wohin der Schatten fiel, gemessen. Da die Wolke sich der Hypothese zufolge horizontal bewegt, so haben wir in dem zu bestimmenden Dreiecke die eine Seite, nämlich den Weg der Wolke und die beiden anliegenden Winkel (Wechselwinkel, der Höhenwinkel); das Problem ist also bestimmt. Da das Zeitintervall bekannt ist, so erhält man zugleich die Geschwindigkeit der Wolke.

Ein anderes Verfahren, die Höhe der Wolken aus ihrem Schatten zu finden, hat Wrede angegeben [23]). Eine Wolke stehe in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreise; man beachte die Punkte, wohin der Schatten fällt, und messe die Höhe der den Schatten werfenden Ränder der Wolke, so haben wir in dem durch die Wolke und den Beobachter gehenden Dreiecke die eine Seite (Durchmesser der Wolke aus dem des Schattens gefun-

---

21a) Brandes Beiträge S. 386.

22) Mém. de Berlin 1773. p. 44. Lambert maß eigentlich zuerst die Geschwindigkeit einer Wolke aus der Geschwindigkeit des Schattens; sodann nahm er an, daß alle Wolken zur Zeit der Beobachtung dieselbe Höhe und Geschwindigkeit hätten, und leitete aus der Differenz beider Höhen und dem bekannten Zeitintervall die Distanz der Wolke von der Erdoberfläche her.

23) Poggendorff's Annalen VII, 308. Wrede nimmt zugleich auf den Halbschatten und die Krümmung der Erde Rücksicht.

den) und die beiden anliegenden Winkel (Wechselwinkel der Höhenwinkel), mithin sind alle Stücke bekannt.

Wenn man sich auf einem etwas erhöhten Standpunkte befindet, so lassen sich diese Methoden mehr oder weniger leicht anwenden. Ausgezeichnete Bäume, Steine und andere Objecte können zur Bestimmung der Punkte angewendet werden, wohin der Schatten fällt, und diese Distanzen können dann entweder durch geodätische Messungen oder hinreichend genau vermittelst einer Specialkarte der Gegend gefunden werden. Vortheilhaft ist es übrigens bei jeder Wolke, dieselbe Messung nach einiger Zeit zu wiederholen; man erfährt dadurch außer der Geschwindigkeit auch, ob die Wolke sich in einer horizontalen oder geneigten Ebene bewege. Ist letzteres der Fall, so muß man bei dem Lambert'schen Verfahren die einfache, deshalb nöthige Correction anbringen. — Daß alle diese Methoden auch dann anwendbar sind, wenn der Himmel fast ganz bewölkt ist und sich einzelne Wolkenlücken zeigen, versteht sich von selbst.

Die gedachten Methoden setzen voraus, daß der Schatten der Wolke scharf begränzt sey, bei Cirris und den verwandten Wolkenarten ist der Umriß des Schattens so unbestimmt, daß man ihn aus der Ferne nicht zu erkennen vermag. Aus dem Grunde habe ich das Verfahren Riccioli's so abgeändert, daß ich ohne Gehülfen die Höhe der Wolken bestimmen konnte. Wenn eine solche Wolke längere Zeit hindurch dasselbe Ansehen behielt, so maß ich am Standpunkte A ihre Höhe; nach einer bekannten Zeit t wurde dieselbe Operation wiederholt; die Höhe betrage im ersten Falle a, im zweiten $a \pm x$ Grad. Hierauf ging ich nach dem zweiten Standpunkte B, welchen ich so wählte, daß er möglichst nahe in der Verticalebene lag, in welcher sich die Wolke bewegte. Hier wurde die Höhe aufs Neue gemessen und die Zeit beobachtet, welche zwischen dieser Messung und der zweiten am ersten Standpunkte verflossen war. Diese Zeit sey $n \cdot t$. Um nun den Winkel zu erfahren, welchen man in A zur Zeit der Messung in B erhalten hätte, nahm ich zunächst an, daß sich der Höhenwinkel in gleichen Zeiten um dieselbe Größe ändere; es beträgt die Aenderung während der Zeit nt also nx und der berechnete Winkel wird $a \pm x \pm nx = a \pm (n + 1)\, x$ Grade. Es sind in dem Dreiecke also eine Seite (die Distanz zwischen

A und B) und beide Winkel gegeben, und die Höhe wird leicht bestimmt. In vielen Fällen wird diese erste Berechnung genügen; ändert sich aber der Winkel in kurzer Zeit sehr bedeutend, dann ist eine zweite Berechnung nöthig. Man sieht diese zuerst gefundene Höhe als Halbmesser, die Linie, in welcher sich die Wolke bewegt, als Tangente an, und berechnet die Aenderung der Tangente während der Zeit t vermittelst der bekannten Differenz des Höhenwinkels x; die Länge der Tangente bei der ersten Messung in a sey b, bei der zweiten c, so ist b + n (b — c) die Tangente des Höhenwinkels bei der Messung in B, und man erhält nun die Höhe genauer. Meistens aber genügt das erste Verfahren; denn wenn diese hoch schwebenden Wolken sich sehr schnell bewegen, so ändern sie ihr Ansehen meistens in kurzer Zeit, und das ganze Verfahren ist nicht anwendbar. Wie gering der Unterschied der zweiten Rechnung sey, möge folgende Beobachtung an einem Cirrostratus zeigen. Der Winkel an der ersten Station betrug 40° 10′, und 10 Minuten später 39° 45′, mithin die Höhenänderung in 10 Minuten 25′. An einem zweiten 2684 Fuß entfernten Standpunkte fand ich 20 Minuten nach der letzten Beobachtung den Höhenwinkel 45° 10′ oder den Winkel des Dreieckes 134° 50′. Während dieser Zeit wurde der Winkel an der ersten Station 39° 45′ — 2 . 25′ = 38° 50′. Werden diese Stücke angewendet, so ergiebt sich für die Höhe der Wolke 10983 Fuß. Sehe ich diese Größe als Radius an, und berechne vermittelst ihrer den Winkel in A zur Zeit der Messung in B, so hätte ich 38° 56′ erhalten, während oben 38° 55′ gefunden wurde, und die damit berechnete Höhe würde um eine völlig zu übersehende Größe von der obigen abgewichen seyn.

Die für scharf begränzte Cumuli angegebenen Methoden lassen sich auch dann anwenden, wenn Wolke oder Schatten nicht in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreise liegen; man muß dann aber zugleich auf die Azimuthe Rücksicht nehmen und hat die Höhe einer dreiseitigen Pyramide zu berechnen, deren verticale Kante durch die Wolke geht. Die Berechnung wird in diesen Fällen weitläuftiger und die Resultate haben mir größere Differenzen gezeigt, als im obigen Falle. Auch das für Cirri empfohlene Verfahren läßt nur selten eine große Genauigkeit zu, und unter zehn Messungen an verschiedenen Wolken erhält man viel-

leicht ein einziges brauchbares Resultat. Jedoch kenne ich keine Methode, welche ein einziger Beobachter während des Tages anwenden könnte; während der Dämmerung aber kann man ein Verfahren anwenden, welches Jac. Bernoulli empfohlen hat [24]).

Ist die Sonne eben untergegangen, so werden alle einzelnen am Himmel stehenden Wolken noch von ihr beschienen und erscheinen mehr oder weniger geröthet; so wie sie tiefer sinkt, werden die am östlichen Horizonte stehenden Wolken nicht mehr beschienen, sie erscheinen mehr oder weniger dunkel, während die im Zenith und am westlichen Himmel stehenden noch erleuchtet werden. Der Moment, wo die Beleuchtung aufhört, läßt sich meistens scharf wahrnehmen und so die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte berechnen; aus dem Azimuth und der Höhe der Wolke läßt sich dann ihre Distanz von der Erdoberfläche finden.

Ich will nur den Fall betrachten, wo die Wolke in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreise steht. Es bezeichne der Kreis CE einen Durchschnitt der Erde, und es sey DH der durch den Beobachtungsort gehende Horizont, B die Wolke, welche eben von dem Lichtstrahle FB verlassen wird, BEH der Höhenwinkel der Wolke; die Zeit, wo die Sonne diese Wolke eben verläßt, sey bekannt, so ist auch ihre Tiefe unter dem Horizonte gegeben, letztere ist gleich dem Winkel CAE. Verlängern wir die Verticallinie so weit, bis sie die Lichtstrahlen in G trifft, so ist in dem Dreiecke CAG gegeben die Seite CA als Erdhalbmesser, $\angle$ CAG = Tiefe der Sonne unter dem Horizonte und $\angle$ ACG = 90° — Horizontalrefraction; dadurch wird die Seite AG gefunden, und subtrahiren wir davon AE, so erhalten wir EG [25]). In dem Dreiecke EGB ist gegeben die Seite EG, $\angle$ GEB als Zenithabstand der Wolke und $\angle$ EGB = 90° — Tiefe der Sonne unter dem Horizonte; es ist mithin auch die Seite EB bekannt.

---

24) Jac. Bernoulli Opera. 4. Genf 1744. I, 336. Acta Eruditorum 1688. Febr. p. 98. Brandes Beiträge S. 336. Nach einer Mittheilung des Hrn. Dr. Schrön in Jena hat der verstorbene Posselt sehr viele Messungen hierüber angestellt, aber die Resultate scheinen nicht bekannt gemacht zu seyn.

25) In dem Falle, wo die Wolke im Zenith steht, ist EG ihre Höhe.

Das rechtwinklige Dreieck EBH endlich giebt die verticale Höhe der Wolke BH.

Weitläuftiger wird die Rechnung, und wie es scheint unsicherer das Resultat, wenn die Wolke nicht in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreise steht. Ich will diesen Fall nicht näher betrachten, sondern verweise auf Bernoulli's Abhandlung, bemerke jedoch, daß man auch hier stets die von B. übersehene Refraction berücksichtigen müsse.

Bei Gewitterwolken ist häufig ein anderes Verfahren empfohlen worden [26]. Man mißt den Höhenwinkel, in welchem sich der Blitz zeigt, und beobachtet die Zahl von Secunden zwischen Blitz und Donner; nimmt man an, daß der Schall sich im Durchschnitte während der Secunde durch einen Raum von 1050 Fuß bewege, so erhält man die Entfernung des Blitzes vom Beobachtungsorte und aus dem beobachteten Zenithabstande die verticale Höhe.

Nach der Zahl mitgetheilter Methoden zu urtheilen, könnte man glauben, daß die Höhe der Wolken genau bekannt sey, aber es giebt keinen einzigen Gegenstand der ganzen Meteorologie, vielleicht der ganzen Naturlehre, über welchen wir so wenig numerische Resultate besitzen. Es ist im hohen Grade wünschenswerth, daß Beobachter, die mit guten Werkzeugen versehen sind und aus ihren Wohnungen freie Aussichten über Ebenen haben, Thatsachen zur Fixirung dieses Punktes sammeln. In welcher Höhe schweben die einzelnen Wolkenarten? Wie sinken oder steigen sie, wenn eine Modification in die andere übergeht? Ist die Höhe derselben Wolkenarten während des ganzen Jahres oder Tages gleich oder ungleich? Nach welchem Gesetze richten sich diese Aenderungen in der Höhe?

Die Beantwortung von diesen und ähnlichen Fragen muß künftigen Beobachtern überlassen bleiben, und alles was wir bis jetzt hierüber wissen, sind die ersten im hohen Grade unvollkommenen Umrisse zur Kenntniß eines Gegenstandes, dessen tiefere Begründung für die gesammte Meteorologie von Wichtigkeit ist. Die Höhe derselben Wolkenart scheint zwischen den Wendekreisen und im Sommer weit größer zu seyn, als in höheren Breiten und im

26) Lambert in den Mém. de Berlin 1773. p. 42.

im Winter [26a]); denn je niedriger die Temperatur, desto früher muß in der Höhe ein Punkt kommen, wo der Niederschlag so schwach wird, daß er kaum wahrnehmbar ist. Ein Theil dieser Behauptung scheint durch die Untersuchung der Regenverhältnisse bestätigt zu werden (s. Regen in Deutschland und Scandinavien). Eben so scheint die Höhe der Wolken vom Morgen bis einige Zeit nach dem Maximo der täglichen Wärme zu wachsen und hierauf wieder abzunehmen. So fand ich an einem günstigen Tage im August 1830 die Höhe von Cumulis von 8 Uhr bis 9 Uhr zwischen 5000 bis 6000 Fuß, um etwa 4 Uhr gegen 7000 Fuß, und nach 7 Uhr etwa 6000 Fuß, jedoch wage ich aus wenigen Messungen noch kein allgemein gültiges Resultat herzuleiten.

Ohne mich hier bei Hypothesen aufzuhalten, will ich die wenigen vorhandenen Messungen mittheilen. Riccioli bestimmte die Höhe einer weißglänzenden Wolke zu 2177 italien. Schritt [27]); nach einer Mittheilung eines Jesuiten, welcher viele Messungen anstellte, soll die Höhe nie über 5000 Schritt betragen. Bouguer sah die Wolken auf den Cordilleren mehrere hundert Toisen über sich [28]), was auch Humboldt von Schäfchen beobachtete [29]). Lambert bestimmte die Höhe wahrscheinlich von einem Cumulus in Berlin zu 7500 Fuß [30]). Anhaltende Beobachtungen hat Crosthwaite zu Keswick in England angestellt; er benutzte die Höhe des 3150 Fuß hohen Berges Skiddaw, um die Höhe jener Wolken zu bestimmen, welche niedriger standen, als die Spitze des Berges [31]). Da wenigstens in Deutschland im Sommer die meisten Wolken eine bedeutendere Höhe haben, so wird dieses Verfahren kein sonderliches Resultat geben. Unter 5381 Beobachtungen fand er 293 Wolken niedriger als 1200 Fuß (englisch), 1640 zwischen 1200 und 2400 Fuß, 1300 zwischen 2400 und 3150 Fuß und alle übrigen höher als 3150 Fuß.

---

26 a) Bouguer Figure de la Terre p. XXIV.
27) Riccioli Almag. nov. I, 82.
28) Bouguer Figure de la Terre p. XLIII,
29) Humboldt Voyage IV, 14.
30) Mém. de Berlin 1773. p. 44.
31) Dalton Méteor. Ess. p. 39. Kastner Meteorol. III, 231. Brandes Beiträge S. 335.

Im Julius und August 1830 habe ich es versucht, die Höhe einiger Wolken zu bestimmen. Es zeigte sich sehr bald, daß Wolken derselben Art zu derselben Zeit in Höhen schwebten, welche Differenzen von 1000 Fuß zeigen. So fand ich an einem Nachmittage die Höhe der Cumuli zwischen 7300 und 8500 Fuß. Eben so ist die Höhe derselben Wolkenart an verschiedenen Tagen sehr ungleich. So war die Höhe der Cumuli im Mittel mehrerer Messungen am 6ten Julius 8050 Fuß, am 11ten 4750 Fuß. Nehme ich für die gedachte Zeit das Mittel meiner Messungen, so ergiebt sich, daß die Cumuli zwischen 9 Uhr Morgens und 6 Uhr Abends sich in Höhen zwischen 3000 Fuß und 10000 Fuß bewegen, im Durchschnitt aber glaube ich nicht viel über 5000 Fuß annehmen zu dürfen. Je geringer die Zahl der am Himmel sichtbaren Cumuli ist, desto größer scheint ihre Höhe zu seyn, doch fehlt es mir an einer hinreichenden Zahl von Messungen, um diesen Satz als allgemein auszugeben. Die Höhe der wenigen Cirri, welche ich beobachten konnte, schwankt zwischen 10000 und 24000 Fuß, vielleicht dürfte 20000 Fuß der in unsern Gegenden für den Sommer gültigen Größe bei heiterem Wetter am nächsten kommen. Nur zwei Mal ist es mir gelungen, die Höhe eines Cirrostratus zu messen. In dem einen Falle betrug diese 11000, in einem zweiten an demselben Tage 10500, so daß wir 11000 Fuß als annähernd annehmen können. Die Höhe von Regenwolken und Cirrocumulis habe ich nicht bestimmt, da die Beobachtungen sehr unsicher waren; die Höhe von Gewitterwolken habe ich zwischen 1500 und 5000 Fuß variirend gefunden, jedoch ist das Resultat stets unsicher, da die Länge des Blitzes mehrere Grade beträgt und wir nicht wissen, von welchem Punkte wir den Donner hören. Der Stratus berührt die Oberfläche der Erde.

Nach länger anhaltender heiterer Witterung ist der Cirrus meistens diejenige Wolke, welche die Wiederkehr des Regens anzeigt. Die Fäden der Wolke sind dann entweder scharf begränzt, oder verwaschen. Ist ersteres der Fall, so dauert nach den Bemerkungen von Brandes [32]) das trockene Wetter wohl noch einige Tage fort, was ich ebenfalls bestätigt gefunden habe, und dadurch

32) Brandes Beiträge S. 291.

scheint die Hypothese von Th. Forster, nach welcher die scharf begränzten Federwolken in einer trockenen, die verwaschenen in einer feuchten Luft schweben sollen [33]), einige Bestätigung zu erhalten. Sämmtliche Fäden dieser Wolken scheinen in einer Horizontal-Ebene zu liegen, wie besonders aus der Verrückung der scheinbar nach oben oder nach unten gerichteten Fasern bei der Fortbewegung der Wolke hervorgeht [34]).

Da die Höhe dieser Wolken sehr groß und die Fäden oft sehr lang sind, so folgt von selbst, daß diese Fäden eine Länge von mehreren Meilen haben müssen. Da sie oft stundenlang an derselben Stelle bleiben, so glauben Howard und Forster, sie seyen Leiter der Electricität, welche sehr entfernte Gegenden der Atmosphäre mit einander in Verbindung setzen; besonders sollen hiezu die langen parallelen Fäden geeignet seyn, zumal wenn sie in feine, das Ausströmen der Electricität begünstigende Spitzen auslaufen. Forster fügt hinzu: der Cirrus gehe in eine andere Wolkenart über, wenn er aufhöre zu leiten [35]). So wenig ich einen genügenden Grund für die oft sonderbare Gestaltung dieser Wolkenart angeben kann, so scheint mir doch derselbe nicht in der Electricität zu liegen. Gesetzt auch, was noch durch keinen directen Versuch erwiesen ist, durch Electricität würden die Dämpfe bei bloßer Leitung niedergeschlagen, so ist doch noch die Frage, woher die ungeheure Menge von E rühre, welche in der dünnen, ohnehin sehr gut leitenden Luft stundenlang diese einzige Richtung verfolgt; bahnt sich die Electricität aber ihren Weg selber, so wird es bei ihrer geradlinigen Fortbewegung noch unbegreiflicher, woher die gekräuselte und oft walzenförmige Gestalt dieser Wolken komme. Mir scheinen auch hier kalte Luftströme, welche mit dem aufsteigenden warmen Strome zusammenkommen, die Hauptrolle zu spielen. Eine Wahrnehmung Forster's [36]), welche jeder leicht bestätigen kann, deutet ebenfalls hierauf. Die Federwolken nämlich bewegen sich stets nach der Länge der Fasern, und die sogenannten Windbäume (Cirri,

33) Forster Wolken S. 43.
34) Brandes Beiträge S. 292.
35) Forster Wolken S. 7, 50.
36) Ebendas. S. 140.

welche nach einer Seite spitz auslaufen, während sie an der andern viele Aeste haben,) sind deshalb so benannt, weil die Spitze größtentheils nach der Richtung zeigt, aus welcher der Wind kommt [37]). Man möchte beim Anblick dieser Wolken fast auf die Vermuthung kommen, daß der Wind bei seiner Fortbewegung einen Widerstand erleide, daß hier Wirbel entstehen, und daß dem Grundsatze Hutton's (S. 351) gemäß, durch die Mischung kalter und warmer Luftschichten Condensation Statt finde; wie dieses Humboldt auf dem Pic von Teneriffa und auf den Cordilleren sehr häufig wahrgenommen hat [38]). Es scheint demnach, als ob partielle Ströme ähnlich, denen, welche man auf der Oberfläche des Wassers bemerkt [39]), Ursache dieser localen Condensation seyen; hat sich dieser Niederschlag einmal gebildet, so vergeht längere Zeit, ehe sich derselbe wieder auflöst. Freilich scheint hiegegen die geringe Breite dieser Wolken zu sprechen, aber wir dürfen ja nicht glauben, daß die Gränze selbst scharf begränzter Federwolken da liege, wo wir sie sehen; wir wissen, daß selbst dann, wenn der Himmel vollkommen heiter ist, die Durchsichtigkeit benachbarter Luftmassen nicht gleich groß ist [40]), daß die Höfe bei demselben Ansehen des heitern Himmels bald heller, bald dunkler werden [41]), und bei Beobachtung von Leslie's Photometer habe ich nicht selten gefunden, daß das Instrument eine geringere Intensität des ankommenden Sonnenlichtes zeigte, ehe noch ein selbst scharf begränzer Cirrus die Sonne erreichte.

Wir müssen daher nothwendig annehmen, daß die niedergeschlagenen Dämpfe sich viel weiter erstrecken, als bis zu der Stelle, wo wir die Gränze des Cirrus sehen; aber nur dann, wenn die Atmosphäre sehr feucht ist, zeigt sich dieser Niederschlag an den verwaschenen Rändern, wobei der ganze Himmel gewöhnlich ein mehr oder weniger hellblaues Ansehen erhält. Wenn die-

---

37) Brandes Beiträge S. 298. Forster Wolken S. 47. 140.

38) Humboldt Voyage I, 314. Bouguer Figure de la terre p. XXXVIII.

39) Humboldt Voyage I, 152.

40) Lichtenberg's Schriften IX, 330.

41) Humboldt Voyage II, 308.

ser Zustand längere Zeit fortdauert, so gehen die Cirri in Cirrocumuli, weit häufiger in Cirrostrati über.

Das Entstehen der Cirrocumuli vergleicht Brandes sehr passend mit einem Gerinnen [42]), indem diese kleinen, runden und glänzenden Wolken ganz das Ansehen haben, als Seifenwasser, welches unter hartes Wasser gegossen wird. Zeigen sie sich besonders am Morgen in dieser Gestalt, so sind sie meistens Vorboten von heiterem und warmem Wetter [43]). Wahrscheinlich entstehen diese Wolken dadurch, daß sich ein warmer Luftstrom über die kältere Luft ergießt, was auch durch den meistens darauf folgenden warmen Südwind, welcher endlich die Oberfläche der Erde erreicht, bestätigt zu werden scheint [44]). Die runde, nicht scharf abgeschnittene Gestalt leitet Howard aus einem Ueberschusse an positiver Electricität her [45]); wahrscheinlich möchten auch hier die beiden Luftströme von ungleicher Temperatur, an deren Gränzen sich die Wolken befinden, welche Lichtenberg sich wie Schichten im Mundo elementari dachte [46]), die Hauptrolle spielen; eben so wie wir bei heiterem ruhigen Wetter an der Gränze einer großen Dampfmasse, z. B. über Siedehäusern und heißen Quellen, eine Menge losgerissener Stücke von kugelförmiger Gestalt sehen, so auch hier [47]). Die Theilchen des niedergeschlagenen Dampfes haben in diesen Wolken einen sehr großen Abstand. Humboldt fand dieselben in Cumana oft so dünn, daß man durch sie alle Sterne bis zur vierten Größe beobachten und selbst die Mondflecken erkennen konnte; war dieses aber der Fall, so funkelten selbst die im Zenith befindlichen Sterne, wenn das Licht durch diese Wolkenart ging [48]); letzterer Umstand macht es im hohen Grade wahrscheinlich, daß hier Luftmassen von ungleicher Temperatur gemischt werden (s. Funkeln der Sterne).

42) Brandes Beiträge S. 301.
43) Forster Wolken S. 141.
44) Brandes Beiträge S. 303. Forster Wolken S. 17.
45) Brandes S. 303. Forster S. 53.
46) Lichtenberg's Schriften IX, 321.
47) Ueber die Vellera lanae der Alten, s. Regen in Italien.
48) Humboldt Voyage IV, 14.

Gewöhnlich geht der Cirrus in den Cirrostratus über. Die Fäden jener Wolke werden immer verwaschener, das Blaue des Himmels wird heller, aus den einzelnen Fäden kommen andere, welche darauf senkrecht stehen, der Cirrus selbst wird immer breiter, und der so entstandene Cirrostratus bedeckt entweder nur einen Theil des Himmels, oder giebt dem ganzen Himmel ein weißes Ansehen. Dieser Uebergang deutet meistens auf Regen [49]), indem sich gewöhnlich in der Tiefe andere Wolkenarten, namentlich Cumuli oder Cumulostrati bilden. Der unter diesen Umständen fallende Regen ist gewöhnlich sanft, hält längere Zeit an und erstreckt sich oft über große Flächen. Von unten gesehen scheint der Cirrostratus eine vollkommen horizontale Gränze zu haben, und auch die obere Fläche ist so gleichförmig, daß sie ganz das Ansehen einer vollkommenen Ebene hat [50]). Diese Gleichförmigkeit ist jedoch nur scheinbar, durch das weiße Licht geblendet vermögen wir einzelne Ungleichheiten nicht zu erkennen; betrachtet man die Wolken im Zenith, so erkennt man bald einzelne Stücke dieser Wolkenart; stehen sie in der Nähe der Sonne und man untersucht sie mittelst eines geschwärzten Glasspiegels, so deuten die gefärbten Streifen in dieser Wolke den unregelmäßigen Bau an. Nur dann, wenn der Cirrostratus lockerer ist, wenn seine Ränder mehr aus gekräuselten als aus geraden Fasern bestehen und er dem Cirrocumulus näher kommt, scheint sein innerer Bau gleichförmiger zu seyn.

Diese Wolkenart zeigt sich vorherrschend dann, wenn Südwestwinde in den oberen Regionen das Uebergewicht erhalten haben und nun bei sinkendem Barometer den Nordwind der Tiefe zurücktreiben [51]). Dann ist der östliche Himmel noch heiter, während sich eine dichte Schicht von Cirrostratis in Gestalt einer Wolkenbank am westlichen Horizonte zeigt, für welche Göthe den Namen Paries vorschlägt [52]). An ihrem oberen Theile erscheint diese Wolkenmasse mehr oder weniger weiß, aber gegen den Horizont wird sie immer tief graublauer, nach und nach verbreitet

49) Plinius hist. nat. XVIII, 85 bei Forster Wolken S. 145.
50) Humboldt Voyage I, 268. 299.
51) Dove in Poggendorff's Annalen XVI, 300.
52) Kastner's Archiv III, 457.

sich diese Bildung über den ganzen Himmel; die untergehende Sonne erscheint mehr oder weniger blutroth durch diese Wolken. Dieses ist ein sicheres Vorzeichen von Regen, der noch während der Nacht oder am folgenden Tage kommt [53]). Solche Wolkenstreifen, durch welche die untergehende Sonne sehr matt erscheint, deuten zwischen den Wendekreisen ebenfalls Regen und Unwetter an [54]).

Zur Zeit von Regenwetter bedeckt diese Wolkenart oft große Stellen des Himmels, unter welcher die Regenwolken schnell fortziehen; zu andern Zeiten erscheint sie in Gestalt langgedehnter schmaler Massen, welche besonders von der untergehenden Sonne sehr schön gefärbt erscheinen. So lange sie noch in Menge vorherrscht und Regenwolken darunter fortziehen, dürfen wir auf kein heiteres Wetter rechnen [55]).

Es geschieht nicht selten, daß diese Wolkenart in Gestalt eines schmalen Streifens von geringer Breite von einem Ende des Horizontes bis zum andern reicht. Diese Streifen fallen häufig mit dem Meridiane zusammen [56]), oder sie liegen im magnetischen Meridiane und sind dann Vorboten von Nordlichtern [57]). Der Grund hievon scheint darin zu liegen, daß der ankommende feuchte Südwind den Nordwind zurücktreibt [58]), und daß sich hier an der Gränze ungleich warmer Winde Dämpfe niederschlagen. Solcher Wolkenstreifen sieht man oft mehrere, sie haben ganz das Ansehen von größten Kreisen, die von einem gemeinsamen Punkte auslaufen und sich über den Himmel verbreiten. Indessen ist diese scheinbare Krümmung, so wie die Convergenz der Wolken nur ein optischer Betrug, die Wolkenstreifen sind mehr oder weniger parallel, wie dieses Kästner, Kries und Wrede gezeigt haben [59]).

---

53) Forster Wolken S. 56.

54) Humboldt Voyage II, 129.

55) Brandes Beiträge l. l.

56) Lampadius Atmosphärologie S. 130.

57) Thienemann in Gilbert's Annalen LXXV, 59.

58) Dove in Poggendorff's Annalen l. l.

59) Kästner Vollst. Lehrbegriff d. Optik nach Smith S. 420. Kries in Poggendorff's Annalen V, 89. Wrede das. VII, 217.

Wir wollen deshalb annehmen, es sey AB (Fig. 13) der Durchschnitt des Horizontes, und es seyen CG und DH zwei horizontale Parallellinien, deren Mitte sich im Zenith des Beobachters in A befinden möge. Es seyen AC, AD, AE.... Lichtstrahlen, welche von diesen Linien zum Auge gelangen. Setzen wir $AC = AD = a$, $CD = EF = GH .. = b$, so wird offenbar $\sin \frac{1}{2} CAD = \frac{b}{2a}$. Setzen wir ferner die Zenithabstände $CAE = \varphi$, $CAG = \varphi'$ u. s. w., so wird $AE = \frac{a}{\cos \varphi}$ $AG = \frac{a}{\cos \varphi'}$.... Bezeichnen wir die Winkel CAD, EAF.... der Reihe nach mit α, α', α''...., so wird

$$\sin \frac{1}{2} \alpha = \frac{b}{2a}$$

$$\sin \frac{1}{2} \alpha' = \frac{b}{2a} . \cos \varphi'$$

$$\sin \frac{1}{2} \alpha'' = \frac{b}{2a} . \cos \varphi''$$

. . . .

und da der Zenithabstand endlich Null wird, so kommen die Linien scheinbar in einem Punkte zusammen. Ist α so klein, daß wir die Bögen statt der Sinus nehmen können, so verhält sich $\alpha : \alpha' : \alpha'' : \alpha''' ..... = 1 : \cos \varphi' : \cos \varphi'' : \cos \varphi'''.....$ Eben so aber verhalten sich die Bögen der Parallelkreise, welche zwischen denselben Meridianen liegen. Da ferner $\sin EAB = \cos \varphi'$, $\sin GAB = \cos \varphi''$...., so erhalten wir für die Sinus der Höhen dieselben Größen, welche man erhält, wenn man durch den Mittelpunkt einer Kugel eine Ebene legt und den Abstand verschiedener Punkte eines Verticalkreises von dieser Ebene aufsucht.

Wir haben bereits oben (S. 365) erwähnt, daß der condensirte Dampf der Nebel und Wolken die Gestalt hohler Bläschen annimmt. Wenn jedoch die Temperatur sehr niedrig ist, dann scheint der Dampf entweder unmittelbar die Gestalt kleiner Schneeflocken anzunehmen oder doch nur sehr kurze Zeit in der Bläschenform zu bleiben. So erzählt Maupertuis, daß, wenn in Tornea die kalte Luft durch die geöffneten Thüren des

warmen Zimmers eindrang, sogleich wirbelnde Schneeflocken aus dem Dampfe niedergeschlagen wurden [60]), und nach Hutton's Bericht hat man dasselbe Phänomen in Petersburg beobachtet [61]).

Der Durchmesser dieser Bläschen ist sehr ungleich, vielleicht hängt derselbe von der Temperaturdifferenz des Dampfes und des umgebenden Mittels ab. Kratzenstein [62]) bestimmt den äußern Durchmesser zu 0,000278 Zoll, H. B. v. Saussure giebt den kleinsten 0,000219, den größten 0,000360 Zoll [63]). Durch Untersuchungen über Höfe um Sonne und Mond fand Fraunhofer 0,000578, in einem zweiten Falle 0,000193, in einem dritten 0,00061 und in einem vierten 0,00113 Zoll [64]).

Noch verschiedener als der Durchmesser der Bläschen ist wahrscheinlich die Dicke ihrer Hülle. Kratzenstein, welcher überhaupt zuerst genauere Untersuchungen über diesen Gegenstand anstellte, schätzt ihre Dicke bei gewöhnlicher Dichtigkeit der Luft zu 0,000025 Zoll (englisch), wobei er sich auf Newton's bekannte Versuche über die Dicke der Seifenblasen, wenn sie bestimmte Farben zeigen, stützt [65]). Wenn jedoch die Menge der Dämpfe nicht viel größer ist, als diejenige, welche die Luft bei der Statt findenden Temperatur im Maximo enthalten kann, dann scheint mir diese Dicke geringer zu seyn, und ich glaube, daß dieselbe zunimmt, so wie jener Unterschied größer, die Menge der Bläschen in demselben Raume also bedeutender wird.

Ohne die große Menge von Hypothesen zu erwähnen, welche über den Inhalt dieser Kügelchen aufgestellt worden sind und welche Muncke sehr ausführlich mittheilt [66]), genüge die Bemerkung, daß schon Kratzenstein aus den Versuchen über die

---

60) Maupertuis discours sur la mesure de la terre, in Oeuvres de Maupertuis. 8. Lion 1768. III, 153.

61) Edinburgh Trans. I, 48.

62) Chr. Gottl. Kratzenstein Abhandlung vom Aufsteigen der Dünste und Dämpfe, welche von der Academie zu Bordeaux den Preis erhalten. 8. Halle 1746. S. 28.

63) Saussure Hygrometrie S. 236. §. 202.

64) Schumacher astronom. Abhandlungen Heft 3. S. 62.

65) Kratzenstein S. 32.

66) Gehler's Wörterb. Art. *Dunst.*

Absorption der Luft durch Wasser sehr richtig folgerte, daß sich im Innern Luft befände [67]); wären dieselben leer, so würden sie nothwendig durch den Druck der äußern Luft sogleich zusammengepreßt werden. Daß diese Luft eben so wie die umgebende mit Dämpfen gesättigt ist, folgt von selbst aus dem Verhalten der Dämpfe.

Die vielen Hypothesen über den Inhalt dieser Bläschen wurden besonders deshalb aufgestellt, um sich ihr Aufsteigen und ihr Schweben in der Luft zu erklären. Geben wir dem Bläschen einen Durchmesser von 0'',0003, und eine Dicke von 0'',00002, so ist seine Dichtigkeit nahe 200 Mal größer als die der Luft, wenn wir für seinen Inhalt trockene Luft annehmen. Wird ein solcher Körper sich selbst überlassen, so muß er nothwendig fallen und er durchläuft in der ersten Secunde nach dem von Euler entwickelten Ausdrucke [68]) einen Weg von mehreren Fußen. Die Erfahrung aber zeigt ein Aufsteigen des eben entwickelten Dampfes. Nach den Messungen von Kratzenstein steigt ein solches von siedendem Wasser erzeugtes Bläschen in 3 Secunden $2\frac{1}{2}$ Fuß in die Höhe [69]).

Bei dem bloßen Schweben spielt gewiß der Widerstand der Luft eine sehr bedeutende Rolle. Die Gesetze dieses Widerstandes sind noch viel zu wenig bekannt, um aus den Versuchen mit größeren Körpern allgemeine Gesetze herzuleiten; wenigstens scheinen die gefundenen Resultate eben so wenig auf Körper von sehr geringen Dimensionen anwendbar zu seyn, als dieses durch die Versuche von Robins und Hutton für große Geschwindigkeiten erwiesen ist. Daß für Körper von kleinen Dimensionen der Widerstand weit bedeutender, die Fallgeschwindigkeit weit geringer ist, als es nach der Theorie seyn sollte, geht besonders daraus hervor, daß Sand- und Staubmassen lange Zeit in der Luft schweben können, während größere Körper von derselben Dichtigkeit schnell zur Erde sinken [70]). Sehen wir nun, daß der Wider-

67) Kratzenstein S. 36.
68) Benj. Robins Neue Grundsätze der Artillerie, mit Anmerk. v. Euler. 8. Berlin 1745. S. 516.
69) Kratzenstein S. 2.
70) Hamilton in Phil. Trans. 1765. p. 162. Forster Wolken S. 94.

stand schon hier so bedeutend ist, so wird er vielleicht bei den Dampfbläschen noch durch eine Adhäsion zwischen der Hülle und der atmosphärischen Luft vergrößert; es wird meiner Ansicht zufolge meistens diese Adhäsion durch die Absorption der Luft durch Wasser wahrscheinlich gemacht.

Wenn die Geschwindigkeit der fallenden Bläschen schon in ruhiger Luft sehr gering ist, dann bedarf es nur unbedeutender Ursachen, um dieses Fallen gänzlich zu verhindern. Wenn die Wolke von der Sonne beschienen wird, so wird ein Theil der Wärme der auffallenden Strahlen absorbirt, dadurch die Luft in und zwischen den Bläschen ausgedehnt, während der untere im Schatten liegende Theil der Atmosphäre erkaltet. Hiedurch wird die Dichtigkeit der Wolken verkleinert, der Widerstand vergrößert [71]). Diese durch die Sonne erzeugte Compensation kann in manchen Fällen noch durch die Wärme verstärkt werden, welche bei dem Niederschlage des Dampfes frei wird. De Luc wenigstens machte auf den Alpen die Bemerkung, daß das Thermometer im Innern einer Wolke höher stand, als in freier Luft bei heiterem Himmel [72]). Jedoch möchte ich dieser Wärmequelle keine so bedeutende Rolle einräumen, als öfters geschehen ist, da wenigstens sehr häufig auf Bergen die Temperatur sogleich sinkt, so wie der Beobachter von einer Wolke eingehüllt wird [73]).

Durch die nothwendig bei diesen Temperaturdifferenzen entstehenden Winde, welche die sehr langsam fallenden Bläschen nach verschiedenen Richtungen führen, wird das Schweben noch mehr erleichtert. Die über der Wolke befindliche Luft ist wegen der Absorption der Strahlen durch den wenig durchsichtigen Dampf wärmer als die Theile des heitern Himmels bei derselben Höhe, ein aufsteigender Strom über den Wolken ist Folge davon; die seitwärts ankommenden Luftmassen, welche in kurzer Zeit ebenfalls in die Höhe steigen, reißen die Bläschen mechanisch mit sich fort. Aehnliche Ströme zeigen sich unter der Wolke, welche ebenfalls dazu beitragen, das Sinken der Bläschen zu verhindern. Der vom Boden aufsteigende warme Luftstrom endlich

71) Fresnel in Biblioth. univ. XXI, 260.
72) de Luc Idées II, 101. §. 607. Modif. de l'atm. III, 251.
73) Humboldt Voyage IV, 226.

wird die sinkenden Theilchen ebenfalls mit sich in die Höhe reißen [74]).

Schwerlich aber dürfen wir annehmen, daß eine Wolke stets derselbe Körper sey; sich folgende Condensationen des Dampfes und Verdunstungen anderer Nebelbläschen sind eben so wichtige Ursachen von diesem Schweben. Wer den Dampf über großen siedenden Wassermassen, z. B. die Schwadenfänge der Salinen, den Herbstnebel über Flüssen näher betrachtet, wird sich bald überzeugen, daß diese von weitem ruhig aussehenden Massen in unaufhörlicher Bewegung sind. Die Dämpfe (unsichtbare) steigen, wie schon Kratzenstein richtig bemerkte, durch den warmem Luftstrom in die Höhe [75]); treffen diese wie in den angeführten Beispielen auf kältere aber nicht gesättigte Luft, so werden sie hier condensirt und nach einiger Zeit von den trockenen Luftmassen aufgelöst. Wenn daher auch Nebelbläschen in die Tiefe sinken, so mögen sie sich hier bald auflösen, während Luftströme gesättigte Luft zu der Wolke bringen, deren Dämpfe dann aufs Neue condensirt werden, gerade so wie es bei den Nebeln über Flüssen der Fall ist, wo an der Oberfläche des Wassers Dämpfe entwickelt und condensirt, in größerer Entfernung aufgelöst werden.

Was hier von dem mechanischen Widerstande gesagt wurde, welchen die Luft den fallenden Bläschen entgegensetzt, läßt sich auch auf Schneetheilchen anwenden, welche in der Luft schweben. Wie bedeutend bei diesen der Widerstand sey, geht aus der geringen Endgeschwindigkeit hervor, welche diese schon aus bedeutender Höhe fallenden Körper in der Nähe der Erde haben. Da es wahrscheinlich ist, daß in den Wolken der niedergeschlagene Dampf zuweilen die Gestalt von kleinen Tröpfchen habe, wie dieses wenigstens manche optische Erscheinungen zu beweisen scheinen, wo wir neben den Phänomenen, die uns Bläschen zeigen, auch solche

---

74) Annales de chimie XXI, 59. Sehen wir, daß dieser Strom bei großer Lebhaftigkeit sogar Sandtheilchen bis zu bedeutender Höhe und Entfernung führt (s. oben S. 263 u. 264), dann dürfen wir uns kaum wundern, wenn die Dampfbläschen so lange schwebend erhalten werden. Vgl. Berzelius Jahresbericht 2ter Jahrg. S. 67.

75) Kratzenstein vom Aufsteigen u. s. w. S. 49.

beobachten, welche durch Tropfen hervorgebracht werden, so läßt sich auch auf diese Tropfen dasselbe anwenden.

Die drei bisher beobachteten Wolkenarten gehen häufig in einander über, namentlich verwandelt sich der Cirrus in Cirrostratus, vielfach seltener findet der umgekehrte Uebergang Statt; eben so erinnere ich mich nur weniger Beispiele, wo sich der Cirrus in einen reinen Cirrocumulus verwandelt hatte, obgleich dieses nach den Bemerkungen Howard's und Forster's in England häufiger der Fall seyn muß. Bei diesem Uebergange scheint der Cirrus in die Tiefe zu sinken, wie wenigstens die oben angegebenen Höhen anzudeuten scheinen, obgleich zum Beweise dieser Behauptung noch vielfache Beobachtungen erforderlich sind. Ich glaube aber, daß nicht blos die oben erwähnte Zunahme der Dichtigkeit und das Herabsinken der Theilchen den Unterschied zwischen Cirrus und Cirrostratus bedingt, sondern daß die Theilchen selbst in den meisten Fällen von einander verschieden sind. Der Verfasser des Artikels *Cloud* in Rees Cyclopaedia vermuthet, daß der Cirrus aus Eistheilchen bestehe. Nehmen wir an, die Wärme der Luft betrage 30°, und rechnen wir, daß dieselbe für eine Höhendifferenz von 80ᵗ um 1° kleiner werde (s. oben S. 136), so haben wir schon in einer Höhe von 15000 Fuß die Temperatur des Gefrierpunktes, über diese hinaus wird sich Dampf in Eis verwandeln. Das blendend weiße Ansehen dieser Wolken macht diese Behauptung nicht minder wahrscheinlich. Wird aber zugegeben, daß die größeren Höfe um Sonne und Mond durch Brechung der Strahlen in Eistheilchen erzeugt werden (s. 8ter Abschnitt), dann glaube ich behaupten zu dürfen, daß alle, oder die bei weitem meisten Cirri aus Schneetheilchen bestehen. Wenn man die Stellen dieser Wolken, die einen Abstand von etwa 22 Grad von der Sonne haben, vermittelst eines geschwärzten Glasspiegels betrachtet, so wird man bei einiger Uebung sehr bald in den meisten kleine Stücke von Höfen wahrnehmen, welche sich freilich oft nur durch größere Lichtstärke zu erkennen geben; öfter, vielleicht dann, wenn Ströme die Theilchen lebhafter bewegen, sind diese Höfe nicht wahrzunehmen: man darf aber dann dieselbe Wolke nur längere Zeit auf die angegebene Art beobachten, so wird man abwechsend bald an dieser, bald an jener Stelle Spuren von Höfen wahrnehmen.

In bloßen Cirrostratis habe ich diese Höhe weit seltener beobachtet; nur dann, wenn der ganze Himmel ein sehr mattes Ansehen hatte, die Fasern der Cirri sehr verwaschen waren, so daß sich nicht bestimmen ließ, ob man die vorhandenen Wolken zu der einen oder zu der andern dieser Modificationen rechnen sollte, habe ich die Kreise noch wahrgenommen, und diese dauerten dann auch noch einige Zeit fort, wenn der Cirrostratus entschieden gebildet war. In den meisten Fällen erinnerte das optische Verhalten der Cirrostrati und stets das der Cirrocumuli an die Erscheinungen, welche Dampfbläschen zeigen [76]).

Wenn demnach der Cirrus in Cirrostratus übergeht, so sinken wahrscheinlich die Schneetheilchen in die Tiefe, und wenn die Temperaturzunahme hinreichend groß ist, so wird ein Theil der Schneemassen schmelzen und die Gestalt von Bläschen annehmen. Nur vielleicht dann, wenn dieses Sinken nicht sehr bedeutend ist, findet dieses Schmelzen des Eises nicht Statt.

Der Cumulus, welcher schon ganz aus Bläschen zu bestehen scheint, zeigt in seiner reinen Gestalt meistens eine aus Kugelsegmenten zusammengesetzte Masse mit scharf begränzten Rändern. Bei heiterem Wetter, wenn sich vielleicht kaum Spuren von Cirris und Cirrostratis zeigen, erscheint diese Wolkenart namentlich im Sommer oft in großer Menge, ohne daß wir bei dem fortdauernd dunkelblauen Ansehen des Himmels einen Niederschlag zu befürchten haben. Wenn sich nämlich der während der Nacht gebildete Stratus verloren hat, erscheint der Himmel völlig heiter; um etwa 9 Uhr zeigen sich an einzelnen Stellen kleine kaum wahrnehmbare Wölkchen von lockerem Bau, welche sich nach und nach vergrößern und immer schärfer begränzt werden. Zahl und Dichtigkeit dieser Wolken erreichen einige Zeit nach der größten Tageswärme ihr Maximum, darauf nimmt die Zahl der Wolken wieder ab, und um die Zeit des Sonnenuntergangs ist der Himmel

76) In England mag das Verhalten der Cirrostrati anders seyn, wenigstens erwähnen Howard, Forster und der Verf. des Art. *Cloud* in Rees Cyclopaedia, daß sich die Höfe vorzüglich im Cirrostratus zeigen. Möglich jedoch, daß sie die erwähnte Uebergangsform schon dazu rechnen. Nie aber habe ich bei Cirris ein Phänomen wahrgenommen, welches an diejenigen erinnert, welche die Lichtbeugung an Nebelbläschen erzeugt.

ganz heiter [77]. Im Herbste kann man das Phänomen häufig noch auf eine überraschendere Art sehen; der Stratus, welcher dann meistens dichter ist, löst sich bald auf, und dabei steigen die Bläschen sichtlich schnell aufwärts und verschwinden in einiger Höhe. Eben diese Periodicität bemerkt man auch an den Wolken, die sich um die Spitze der Gebirge, z. B. den Pic auf Teneriffa, lagern [78]) und bei den tropischen Gewittern [79]).

Dieser Vorgang ergiebt sich, wie schon Saussure bemerkte [80]), aus dem aufsteigenden warmen Luftstrome, dessen Existenz freilich de Luc aus nicht überzeugenden Gründen läugnete [81]), und die meisten Naturforscher haben jener Hypothese ihren Beifall gegeben [82]). Durch Daniell's Beobachtungen und Dove's Berechnung dieses Journals wird die gedachte Hypothese noch mehr bestätigt. Wenn nämlich die Sonne am Morgen den Boden erwärmt, so verdunstet das Wasser, welches sich in der Gestalt von Thau niedergeschlagen hatte, und die Atmosphäre der untern Regionen rückt dem Zustande der Sättigung näher [83]); bald aber erhebt sich der aufsteigende warme Luftstrom, welcher die Dämpfe mit in die Höhe reißt und nach den oberen Regionen führt. Indem der Dampf auf diese Art in kältere Luftschichten gelangt, werden diese bald gesättigt, und es zeigt sich ein schwacher Niederschlag. So wie die Temperatur des Tages steigt, wird dieser aufsteigende Luftstrom immer lebhafter, die Dämpfe werden mit größerer Schnelligkeit in die Höhe geführt, und während die absolute Dampfmenge am Boden geringer wird, nimmt sie in der Höhe zu. Die Dämpfe entfernen sich mit der Zunahme der Tageswärme weiter vom Boden [84]), der aufsteigende Luftstrom führt die Bläschen mechanisch in immer bedeutendere Höhen, und da die Temperatur ihrer Um-

77) de Luc Idées II, 70. §. 605. Brandes Beiträge S. 320. Forster Wolken S. 9. Humboldt Voyage IV, 21.
78) Humboldt Voyage I, 245.
79) Ibid. III, 69. S. Regen zwischen den Wendekreisen.
80) Saussure Hygrometrie §. 270. S. 304.
81) de Luc Idées II, 90. §. 601.
82) Brandes Beiträge l. l. Forster Wolken S. 10.
83) Saussure Hygrometrie §. 320. S. 365.
84) Bouguer Figure de la terre p. XLIII.

gebung geringer wird, nimmt auch die Dichtigkeit der Wolken zu. Einige Zeit nach der größten Wärme des Tages nimmt der aufsteigende Luftstrom ab, die Wolken sinken in die Tiefe, wie man auf hohen Bergen deutlich wahrnehmen kann [85]) und wie auch meine oben mitgetheilten Messungen zu beweisen scheinen. Indem die Wolke auf diese Art in wärmere Luftschichten gelangt, wird ein Theil der Bläschen aufgelöst und die Wolke verschwindet, so wie sie tiefer sinkt.

Ich glaube, daß außer diesem gewöhnlich betrachteten Vorgange noch vorzüglich das Verhalten der Dampfatmosphäre zu berücksichtigen ist. Durch den aufsteigenden Luftstrom wird das Gleichgewicht von dieser gestört, die absolute Dampfmenge nimmt mit der Höhe langsamer ab, als im mittleren Zustande der Atmosphäre, und es bildet sich eine Art labilen Gleichgewichtes. Daher ist die Dampfmenge auf dem St. Bernhard um 2 Uhr größer als am Morgen, während in Genf das Gegentheil Statt findet. Wenn aber die Tageswärme geringer wird, dann sinkt der Dampf schnell in die Tiefe, und indem sich die Dampfatmosphäre schnell zusammenzieht, lösen sich die Bläschen in den tiefern Schichten auf. Beginnt endlich die Thaubildung an beschatteten Orten schon vor dem Untergange der Sonne, dann entsteht unmittelbar am Boden ein dampfleerer Raum und die Dämpfe bewegen sich mit Schnelligkeit nach unten. Während das Hygrometer am Boden immer näher an den Punkt der größten Feuchtigkeit rückt, entfernt es sich auf hohen Bergen die ganze Nacht hindurch immer weiter von diesem [86]). Wenn daher eine gegebene Dampfmasse einen Raum während des Tages sättigte, so wird sie mehrere Stunden später einen gleich großen, aber vielleicht mehrere tausend Fuße niedriger liegenden Raum nicht mehr sättigen, und die Bläschen werden sich also auflösen [87]).

Die-

85) Saussure Reisen IV, 327. §. 1111.

86) Saussure Hygrometrie §. 349. S. 401. Reisen IV, 365. §. 1126.

87) Während oben angenommen wurde, daß die Wolken sich auflösen, indem sie in die wärmere Luft sinken, glaubt Kastner, daß dieses Verschwinden seinen Grund vielmehr in einem Aufsteigen habe. Durch die an der Erde schief vorbei fahrenden Strahlen soll die Wärme der oberen Luftschichten schnell abnehmen, sie sinken in die Tiefe, und da sie sehr trok-
ken

Dieser Vorgang wiederholt sich oft mehrere Tage, ohne daß es zu einem Niederschlage kommt. Meistens weht dann entweder gar kein Wind, oder die Richtung, aus welcher die Wolken kommen, fällt mit der des unteren Windes häufig zusammen. Wenn dagegen die Wolken sich am Abend nicht auflösen, sondern noch einen großen Theil des Himmels bedecken, dann dürfen wir auf einen baldigen Niederschlag rechnen [88]), weil in diesem Falle offenbar die ganze Atmosphäre größtentheils gesättigt ist.

In dem erwähnten Falle verwandelt sich der Cumulus meistens in Cumulostratus und dieser in den Nimbus. Es kommen jedoch häufig Fälle vor, wo sich der Cumulus ohne diesen Uebergang in den Nimbus verwandelt, besonders dann, wenn nur wenige Cirri oder Cirrostrati in höheren Regionen sind. Es ist dieses bei Regenschauern der Fall, wenn die Richtung der oberen und unteren Winde sehr verschieden ist und der obere kalte Luftstrom sich mit Schnelligkeit bewegt. Hier sieht man einen Cumulus oft sich langsam bewegen, in wenigen Minuten verliert er den scharfen Umriß, Fasern strecken sich nach allen Seiten aus [89]),

ken sind, lösen sie einen Theil der Bläschen auf, und die Wolke steigt in die Höhe. Die Wärme, welche vom Boden bei der Thaubildung ausstrahlt und die Wolke erreicht, erhöht die Temperatur von dieser und löst sie ganz auf (Kastner Meteorol. III, 257). Aber auch abgesehen davon, daß Saussure's Beobachtungen und meinen freilich noch unvollständigen Messungen zufolge die Wolken gegen Abend wirklich sinken, so ist nicht zu begreifen, weshalb die Dämpfe nicht schon am Tage in die oberen trockenen Luftschichten gehen, und weshalb sie bei einem wirklich nach Kastner's Hypothese erfolgenden Aufsteigen hier nicht bei der höheren Temperatur des folgenden Tages bleiben sollen. Die vom Boden ausstrahlende Wärme aber spielt hiebei nur eine unbedeutende Rolle. Die Wärme strahlt vom Boden eben so gut während des Tages als während der Nacht aus; ja alles was wir über dieses Phänomen wissen, macht es wahrscheinlich, daß dieser Vorgang zur Zeit der größten Tageswärme am lebhaftesten ist. Sollte also diese Wärmestrahlung die Wolken auflösen, so müßte es dann geschehen, wenn die tägliche Wärme ihr Maximum erreicht und nicht nach dem Untergange der Sonne, zumal da zu dieser Zeit eine weit wirksamere Wärmequelle, durch welche die Wolken aufgelöst werden könnten, nämlich die Sonne, fehlt.

88) Forster Wolken S. 142.

89) Ebendas. S. 9.

die Wolke bewegt sich mit größerer Schnelligkeit, es findet eine große Unruhe in ihr Statt und es fällt Regen herab. Bei großer Störung im Gleichgewichte der Atmosphäre kann es wohl geschehen, daß es ohne vorhergehende Wolkenbildung regnet [90]), oder in niedrigerer Temperatur schneit [91]). In diesem Falle kann es sich ereignen, daß die herabfallenden Tropfen wieder verdunsten, ehe sie den Boden erreichen. Am 19ten December 1829, wo ein lebhafter SW Wind wehte und Regen, Schnee und Graupeln in einzelnen Schauern herabfielen, wurden um 1 Uhr einige kleine Nimbi mit großer Schnelligkeit durch mein Zenith getrieben. Der südliche Theil des Himmels war heiter und tief dunkelblau, in kurzer Zeit erschien ein schöner Regenbogen und bald darauf der Nebenregenbogen. Der Regen dauerte fort, als im Zenith nur noch wenige kaum zu erkennende Fasern vom Cirrocumulus standen. Als der Regen aufgehört hatte, wurde der Himmel nördlich von meinem Zenith sehr blau, aber der obere Theil des Bogens blieb unverändert auf derselben Stelle stehen, obgleich hier keine Spur von Wolke sichtbar war. Offenbar wurde hier der Regen sehr schnell condensirt, aber in den unteren Schichten wieder eben so schnell aufgelöst.

Diese durch einen kalten Luftstrom bedingte Condensation zeigt sich weit lebhafter dann, wenn auf einen warmen Südwind schnell ein kalter Nordwind folgt, welcher zuerst in den oberen Schichten der Atmosphäre das Uebergewicht erhält. Schnell vergrößern sich die Cumuli, gehen in Cumulostrati über, und der ganze Himmel ist bald mit einer grauen Wolkenschicht bedeckt, aus welcher es lebhaft regnet. Dabei steigt das Barometer, aber nach einigen Stunden erfolgt bei fortherrschendem Nordwinde heiteres Wetter.

Dieser Vorgang, so häufig sich derselbe auch zeigt, ist nicht der gewöhnliche bei anhaltendem Regen. Hier ist man meistens im Stande zwei Wolkenschichten zu erkennen. Nachdem sich die Cirri in dichtere Cirrostrati verwandelt haben, so wird die untere Luftmasse erkalter, die Dämpfe schlagen sich als Cumuli nieder, und in kurzer Zeit verwandeln sich diese in Nimbi. Der Regen

90) Humboldt Voyage XI, 16.
91) Toaldo beobachtete dieses in Padua am 15ten März 1785. Ephemerid. Soc. Meteor. Palat. 1785. p. 454.

in diesem Falle zeigt sich meistens bei sinkendem Barometerstande und hält länger an, als der obige. Bewegen sich diese unteren Wolken mit großer Schnelligkeit und vielleicht nach einer andern Richtung als die Cirrostrati, dann dauert dieses Wetter noch längere Zeit fort.

Wenn der Boden schon durch vorhergehende Regen feucht war, so erfolgt diese Verwandlung der Wolken weit lebhafter. Herrscht dann in den unteren Regionen kein Wind, dann steigen bei heiterem Himmel die Dämpfe mit großer Schnelligkeit in Menge in die Höhe; Cirri, Cirrostrati und tiefere Cumuli nehmen in kurzer Zeit an Umfang zu, und zur Zeit der größten Tageswärme erfolgt ein heftiger Regenguß, welcher häufig in ein Gewitter ausartet [92]).

In vielen Fällen zeigt sich namentlich im Sommer ein Vorgang, welcher von dem beschriebenen etwas abweicht. Die Sonne geht bei völlig bewölktem Himmel auf und dabei regnet es häufig. Um etwa 7 oder 8 Uhr hört der Regen auf, der Himmel ist mit einer einzigen Wolkenschicht bedeckt, welche sich durch graue Farbe auszeichnet, aber keine der erwähnten Modificationen rein zeigt. Die Farbe und Structur erinnert an den Cumulus oder Cumulostratus, die gleichförmige Ausbreitung an den Cirrostratus. Bald zeigen sich einzelne Lücken in dieser Schicht, sie verwandelt sich nach und nach in Cumuli oder Cumulostrati [93]), und zur Zeit der größten Tageswärme sieht man fast reine Cumuli. So wie aber die Wärme abnimmt, breiten sich die Wolken wieder aus, nach dem Untergange der Sonne ist der Himmel ganz bewölkt und in der Nacht regnet es wieder. Dieser Vorgang, welcher sich oft mehrere Tage auf dieselbe Art wiederholt, scheint seinen Grund in verschiedenen über einander fortgehenden Luftströmen zu haben. So wie die Sonne am Morgen den oberen Theil der Wolkenschicht erwärmt, werden die Bläschen aufgelöst, und indem sie vielleicht wärmere Luftschichten erreichen,

---

92) Volta in Gilbert's Annalen LV, 341. Humboldt Voyage II, 306. IV, 21.

93) Die gewöhnliche Regel der Landleute, daß, wenn der Regen gegen 9 Uhr aufhöre und der Himmel sich aufheitere, für den Tag gutes Wetter zu erwarten sey, hat hierin ihren Grund.

werden sie nicht in hinreichender Menge condensirt, um Regen zu erzeugen. So wie die Wärme am Abend abnimmt, kann die Luft nicht alle Dämpfe behalten, es bilden sich Bläschen und bei geringerer Wärme in der Nacht fällt das Wasser in Gestalt von Tropfen herab.

In dem Bisherigen wurde die Electricität nur beiläufig erwähnt, ohne daß dieser Naturkraft, welche in so vielen Systemen die Rolle des Deus ex machina übernehmen muß, ein bedeutender Einfluß eingeräumt wurde. Zu leugnen ist es nicht, daß die Bildung der Wolken meistens von einer Aenderung im electrischen Zustande der Atmosphäre begleitet ist, sey es nun, daß die Stärke oder die Art der E modificirt werde. Es scheint mir jedoch viel wahrscheinlicher, daß die Electricität nicht Ursache, sondern Wirkung der Wolkenbildung sey [95]) und daß Luftströme von ungleicher Temperatur bei diesen Niederschlägen die Hauptrolle spielen [96]).

---

94) Humboldt in Annal. de Chimie VIII, 185.

95) Unter den verschiedenen Ursachen, welche für das Schweben der Wolken angegeben sind, habe ich oben die Electricität absichtlich nicht erwähnt. Obgleich manche Physiker diese Ursache angenommen haben, so kann ich mich von ihrer Wirksamkeit bei diesem Phänomene nicht überzeugen. Es sind hier zwei Fälle möglich. Entweder wir sehen die Erde als einen mit eigenthümlicher Electricität begabten, oder als einen völlig indifferenten Leiter an. Ist ersteres der Fall, so werden die Wolken durch Vertheilung electrisirt; ist also die Erde positiv electrisch, so wird der untere Theil der Wolke negativ, diese mithin angezogen. Hier annehmen zu wollen, daß ein Theil der Erde an sich (ohne äußere Ursache) auf einem kleinen Raume stark positiv oder negativ würde, scheint sehr gewagt, da sich ja wegen der guten Leitbarkeit die dieser Stelle eigenthümliche Electricität in kurzer Zeit der ganzen Erdkugel mittheilen müßte. Nehmen wir aber an, die Erde sey blos der allgemeine Behälter der Electricität und es befinde sich an einer Stelle eine stark positiv electrisirte Wolke, so wird der darunter befindliche Theil der Erde negativ und es findet, eben so wie im vorigen Falle, Anziehung Statt. Während also diese Naturkraft die Wolken schwebend erhalten soll, unterstützt sie allen unsern Erfahrungen zufolge die Gravitation und treibt die Wolke nach unten, wofern wir nicht mit einigen hypothesenreichen Naturforschern annehmen wollen, daß Gesetze, welche wir durch unsere kleinen Versuche gefunden haben, nicht auf die Natur im Großen anwendbar seyen.

96) Journal de physique XX, 113.

Wie einflußreich letztere seyen, und welch eine bedeutende Menge von Electricität hiedurch erzeugt wird, zeigen besonders die vulcanischen Regen.

Du Carla, welcher zuerst eine genügende Erklärung von den heftigen Regengüssen zur Zeit vulcanischer Eruptionen gegeben hat [97]) leitet dieselben mit Recht aus dem aufsteigenden Luftstrome her. Die stark erhitzte Luft über dem Krater steigt mit Schnelligkeit in die Höhe, die unteren Luftmassen dringen gegen diese Stelle, werden in die Höhe gerissen; indem der Dampf in die oberen kalten Regionen gelangt, wird er niedergeschlagen, die Wolke breitet sich nach den Seiten aus, in Gestalt eines großen breiten Schirms steht sie über dem Vulcane und in ungeheuern Massen fällt das Wasser in der Nähe des Kraters herab [98]). Bei diesem schnell erfolgten Niederschlage ist eine große Menge von Electricität frei geworden, und das Donnern der von tausend Blitzen durchkreuzten Wolken accompagnirt das Toben im Innern der Erde [99]). Eben so leicht als es uns hier wird, die Wolkenbildung und damit die Electricität aus dem aufsteigenden Luftstrome abzuleiten, eben so schwierig scheint es, den ganzen Vorgang blos mit Hülfe der Electricität zu erklären.

In den meisten Fällen kommt das Wasser aus den Wolken in tropfbar flüssiger Gestalt herab. Wenn die Menge der Bläs-

97) Journ. de phys. XX, 113.

98) Du Carla theilt eine große Menge von Thatsachen mit, welche zeigen, wie reichlich dieser Niederschlag sey. Die Eruption des Cotopari am 9ten December 1742 gab einen Wasserstrom, welcher das Thal von Quito bis zu einer Höhe von 120 Fuß füllte und eine Geschwindigkeit von 4 Fuß in der Secunde hatte. Bouguer in den Mém. de l'acad. 1744. p. 270. Andere Thatsachen vom Vesuv s. bei Nollet in den Mém. de l'acad. 1750. p. 89. De la Torre hist. et phén. du Vesuve. Paris 1760. p. 22. 138. 225. Arthenay in den Mém. présentés IV, 272. Ferber lettres sur la mineralogie par Dietrich p. 206. Phil. Trans. 1737. Am Aetna, in Hamilton Oeuvres. Paris 1781. p. 136. Journal de physique 1780. p. 1. Ueber die Vulcane in America, in Ulloa Voy. hist. de l'Amerique I, 468. Ueber die Vulcane im chinesischen Meere, in le Gentil Voyage II, 14. Histoire des Voyages XVII, 108. XI, 213. X, 451.

99) Parrot Physik der Erde §. 170. S. 245.

chen so groß ist, daß die Dicke ihrer Hülle durch neu ankommende Dämpfe in jedem Momente vergrößert wird, wenn vielleicht lebhafte Luftströme einzelne Bläschen zusammentreiben, so vereinigen sich diese zu einem Tropfen und fallen nun herab. Bei höherer Temperatur ist das Wasser fast stets tropfbar flüssig, nur zuweilen fällt dasselbe mitten im Sommer im festen Aggregationszustande als Hagel herab. Es scheint zweckmäßiger, dieses Phänomen bei den electrischen Erscheinungen zu betrachten. Ist die Wärme der Atmosphäre sehr niedrig, so nimmt das Wasser eine feste Gestalt an. In manchen Fällen scheint die Temperatur in der Höhe größer zu seyn, als in der Tiefe, dann kommt das Wasser wahrscheinlich tropfbar flüssig aus der Wolke und gefriert in der Tiefe; kleine Eiskugeln fallen auf den Boden. Bei steigendem Barometer zeigt sich die Erscheinung besonders dann, wenn warme Südwinde plötzlich durch kalte Nordwinde in der Tiefe verdrängt werden; seltener habe ich sie bemerkt, wenn bei sinkendem Barometer ein Südwind das Uebergewicht erhielt. In diesem letzteren Falle gefriert das Wasser meistens erst auf dem kalten Boden und überzieht diesen mit einer Eisrinde. Diesen Vorgang, welcher mit dem Namen des Glatteisens bezeichnet wird, kann man als sichern Vorboten von Thauwetter ansehen.

Häufig kommt das Wasser in höheren Breiten als Schnee herab. Die Temperatur am Boden, bei welcher dieser Niederschlag beginnt, liegt in unseren Gegenden einige Grade über dem Gefrierpunkte; je niedriger die Temperatur wird, desto geringer wird die Dampfmenge der Luft, die Menge Schnee nimmt unter übrigens gleichen Umständen immer mehr mit der Wärme ab. Wie tief die Temperatur sey, bis zu welcher es noch schneit, ist unbekannt. L. v. Buch glaubt, daß die Mitteltemperatur, bei welcher in Berlin dauernder Schnee fällt, nicht tiefer sey als — 4 bis — 5° (— 3 bis — 4° R.), und daß es unter — 13°,1 (— 10°,5 R.) kaum noch schneien werde [99]). Scoresby giebt in seiner Uebersichtstafel — 12°,3 (10° F.) als niedrigste Temperatur auf dem Polarmeere [100]). Ich habe in Halle am 15ten Januar 1828 bei — 14°,8, am 20sten Januar 1829 bei

99) Abhandl. d. Berl. Acad. für 1818—19. S. 98.

100) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 108.

— 16°,0, am 4ten Februar 1830 bei — 17°,8, und am 30sten Januar 1830 bei — 18°,1 Schnee herabfallen sehen, jedoch waren in den beiden zuletzt erwähnten Fällen die Flocken sehr klein.

Während in unseren Gegenden der in den oberen Regionen gebildete Schnee in den niederen Schichten der Atmosphäre nicht lange genug verweilt, um zu schmelzen, und daher bei Wärmegraden über Null herabfällt, ist er in südlicheren Gegenden unbekannt, selbst wenn die Temperatur unter Null sinkt. Wenn in der Havannah längere Zeit hindurch Nordwinde wehen, wird die Luft zuweilen so erkaltet, daß auf dem Wasser eine mehrere Linien dicke Eisrinde entsteht, dennoch ist der Schnee unbekannt [1]). Hier ist die Temperatur wohl nur in den oberen Regionen der Atmosphäre so niedrig, in der Höhe weht der warme Aequatorialstrom fort, und wenn sich dabei ein Niederschlag bilden sollte, so würde dieser in der Gestalt von Regen oder gefrornen Tropfen herabfallen.

Die Gestalt der Schneeflocken hat schon seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen. Es bilden dieselben meistens sechseckige Sterne, und seit der Zeit, wo Kepler und Cartesius sich bemühten, die Ursachen dieser regelmäßigen Bildung nachzuweisen, haben wir eine große Menge von Hypothesen hierüber erhalten [2]). Jedenfalls sind bei der Krystallisation des Wassers dieselben Naturkräfte wirksam, als bei der Krystallisation aller übrigen Körper, möge nun Electricität oder irgend ein anderes Agens hiebei die Hauptrolle spielen.

Erst seit der Zeit, wo namentlich durch Hauy's Arbeiten die Gestalten der unorganischen Natur näher bekannt wurden,

---

1) Humboldt Voyage XI, 266.

2) Grew in Phil. Trans. 1673. p. 5193. Langwith ib. 1723. p. 298. Nettis ib. 1756. p. 544. Cassini Mém. de Paris II, 141. X, 37. Wilke Abh. der Schwed. Acad. 1760. S. 3 und S. 89. Guéttard Mém. de Paris 1762. Holmann Comment. Getting. III, 24. Hook Micrographia p. 88. Musschenbroek Introduct. T. II. §. 2401.

bemühte man sich die numerischen Größen in den Krystallen des Wassers schärfer zu bestimmen. Hauy selbst nahm an, daß die Moleculen des Eises regelmäßige Tetraëder seyen, die durch ihre Zusammensetzung Oktaëder bildeten [3]). Selten läßt sich die regelmäßige Gestalt des Eises in größeren Körpern beobachten, da die Krystallisation meistens schnell und unregelmäßig erfolgt; nur dann, wenn die Temperatur wenig unter dem Gefrierpunkte liegt, wird die Gestalt gut ausgebildet. Clarke hatte Gelegenheit, bei Cambridge Krystalle von einem Zoll Größe zu finden, deren Gestalt stets dieselbe blieb, als sie langsam thauten. Aus seinen oft wiederholten Messungen ergab sich, daß die Primitivgestalt des Eises ein Rhomboid mit Winkeln von 120° und 60° sey [4]); die sechsseitigen Säulen, welche Hericart de Thury in der Eishöhle zu Fondeurle im Dauphiné gefunden hatte [5]), sind schon secundäre Formen, welche durch das Aneinanderlegen solcher rhombischen Moleciile erzeugt werden.

Indem sich diese Säulen auf verschiedene Art an einander legen, entsteht eine große Menge von Gestalten der Schneeflocken, welche wahrscheinlich während des Fallens noch dadurch vergrößert werden, daß sich in jedem Momente neuer Dampf auf ihnen niederschlägt. Schon ältere Physiker bildeten diese Figuren, bei denen wir stets die Winkel von 120° und 60° erkennen, mehrfach ab. Die meiste Belehrung aber verdanken wir den sorgfältigen Untersuchungen W. Scoresby's auf den nördlichen Meeren [6]). Darnach kann man die große Zahl der Schneegestalten auf fünf Hauptarten zurückführen: 1) dünne Blättchen; 2) ein flacher oder kugeliger Kern mit ästigen Zacken in verschiedenen Ebenen; 3) feine Spieße oder sechsseitige Prismen; 4) sechsseitige Pyramiden; 5) Spieße, von denen das eine oder beide Enden in dem Mittelpunkte eines dünnen Blättchens stecken.

---

3) Hauy. Traité de physique I, 249.

4) Clarke in den Cambridge Trans. I, 213.

5) Ann. de Chimie XXI, 156. und Journal des Mines XXXIII, 157.

6) Scoresby Reise auf den Wallfischfang S. 96, aus seinem Account of the arctic regions I, 425.

1) Krystalle in Form dünner Blättchen erscheinen in einer großen Mannigfaltigkeit und kommen am häufigsten vor. Man kann hier folgende Unterabtheilungen machen:

a) Sternförmig, indem sechs auf beiden Seiten mit feinen Spitzen besetzte Strahlen aus einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte auslaufen (Fig. 14); diese Form zeigt sich am häufigsten, wenn sich die Temperatur dem Gefrierpunkte nähert.

b) Regelmäßige Sechsecke, die sich bei allen Temperaturen zeigen, jedoch werden alle Dimensionen bei größerer Kälte kleiner. Manche bestehen aus einem einfachen durchsichtigen Blättchen (Fig. 15), andere sind innerhalb des Umfanges durch weiße Linien verziert, die wiederum kleine Sechsecke oder andere regelmäßige Figuren in großen Mannigfaltigkeiten bilden (Fig. 16). Die Größe dieser Art geht von dem kleinsten sichtbaren Theilchen bis auf ungefähr 0'',1 Durchmesser.

c) Zusammensetzungen der sechsseitigen Figuren zeigen sich von großer Mannigfaltigkeit vorzüglich bei sehr niedrigen Temperaturen (Fig. 17).

d) Verbindungen von sechstheiligen Figuren mit Strahlen oder Zacken und hervorstehenden Winkeln. Diese Art ist vielleicht die umfassendste und liefert einige der schönsten Formen (Fig. 18).

2) Ein flacher oder kugeliger Kern mit ästigen Zacken in verschiedenen Ebenen. Diese Abtheilung begreift mehrere Arten.

a) Solche, die aus einem dünnen Krystalle von einer der oben beschriebenen Arten bestehen, von dessen Grund- und Seitenflächen sich kleine Spitzen erheben, welche mit den Blättchen Winkel von 60° bilden. Der Durchmesser dieser Figuren geht zuweilen bis ¼ Zoll. Sie kommen am häufigsten bei einer Temperatur von — 7° bis — 4° vor [7]).

---

7) Im Winter von 1829 bis 30, wo es meistens bei sehr niedrigen Temperaturen schneite, zeigten sich meistens Schneefiguren dieser Art. Huber-Burnand in Yverdun. Bibl. univ. April 1830. pag. 356.

b) Figuren mit einem kugeligen Kern, von welchem Strahlen nach allen Richtungen ausgehen. Während bei der ersten Art der Kern aus einem durchsichtigen Krystalle besteht, ist er hier ein rauhes Körperchen. Diese igelartigen Schneefiguren fallen nach Scoresby, wenn die Temperatur dem Gefrierpunkte nahe ist, zuweilen bei etwas niedrigeren Wärmegraden; die Schneefiguren, welche ich am 30sten Januar 1830 bei — 18°,1 herabfallen sah und welche die Größe eines Stecknadelknopfes hatten, kamen diesen am nächsten.

3) Feine Spitzen oder sechsseitige Prismen. Diese sind bisweilen sehr zart und krystallartig; in andern Fällen weiß und rauh. Die feinsten Arten, die einem Haare gleichen, das in Stücke, nicht über $\frac{1}{4}$ Zoll lang, zerschnitten ist, sind so klein und zart, daß es nicht leicht ist, ihre Gestalt genau zu bestimmen; die größeren sind prismatisch gestaltet.

4) Sechsseitige Pyramiden kommen nur selten vor.

5) Spieße oder Prismen, deren eines oder beide Enden in der Mitte eines dünnen Blättchens in Gestalt einer sechsseitigen Scheibe stecken, hat Scoresby nur zwei Mal beobachtet.

So mannigfaltig auch die Schneefiguren sind, so dürfen wir doch nicht annehmen, daß das Vorherrschen der einen oder andern Art zu gewissen Zeiten blos Wirkung des Zufalles sey. Schon Scoresby und früher Guettard[8]) machten auf den Umstand aufmerksam, daß die Temperatur hiebei eine Rolle spiele, und es ist wohl gewiß, daß kleine Differenzen in der Temperatur, dem hygrometrischen Zustande der Luft und der Schnelligkeit, mit welcher die Krystallisation erfolgt, Veranlassung zu dem Vorherrschen der einen oder der andern Gestalt sind. Daher geschieht es denn, daß die meisten Flocken, welche bei demselben Niederschlage herabfallen, dieselbe Gestalt haben; ändert sich aber die Temperatur, oder entsteht eine Pause, worauf neuer Schnee fällt, so wird eine andere Form vorherrschend. Die näheren Gesetze dieser Abhängigkeit sind zur Zeit noch unbekannt[9]).

---

8) Mémoires de Paris 1762.

9) Ich habe oben S. 39 Anmerk. gesagt, daß ich über den rothen Schnee bei dem Regen sprechen würde; es scheint mir zweckmäßiger, über diese Färbung bei den Meteorsteinen im 9ten Abschnitte zu handeln.

Wenn das Verhalten der Niederschläge in verschiedenen Gegenden der Erde näher verglichen werden soll, so wird eine genaue Kenntniß der Zahl der Regentage und der Größe des Niederschlages erfordert. Die meisten Beobachter begnügen sich, die Zahl der Regentage anzugeben; soll aber eine solche Untersuchung vollständig werden, so ist erforderlich, daß zu den Regentagen alle diejenigen Tage gerechnet werden, an denen es, wenn auch nur kurze Zeit, regnet. Obgleich sich dieses von selbst versteht, so findet man doch, daß sehr häufig gegen diese Regel gefehlt wird, und daß die Beobachter uns in ihren jährlichen Resultaten Zahlen ohne Werth mittheilen. Wenn jemand täglich 3 Beobachtungen anstellt, so findet er vielleicht, daß es an 15 Tagen 21 Mal regnete, 30 Mal heiter und 39 Mal trübe war. Hier, wo die Zahl täglicher Beobachtungen 3 ist, wird jede der obigen Größen durch 3 dividirt und man erhält 10 heitere, 13 trübe und 7 Regentage, obgleich die wirklichen Beobachtungen für den Regen 15 Tage geben. Eben so sollte in den Journalen stets angemerkt werden, wenn es zwischen zwei Beobachtungen geregnet hat. Die Meteorologen scheinen dieses unrichtige Verfahren besonders deshalb gewählt zu haben, damit die Summe der heiteren, trüben und Regentage während des Monats ja nicht größer als 30 oder 31 sey. Diese unzweckmäßige Bearbeitung ist Ursache, daß wir über die Vertheilung der Regentage im Jahre von manchen Gegenden gar nichts wissen, in denen sonst sorgfältige Messungen angestellt sind, wie dieses z. B. von den Vereinigten Staaten gilt, denn in der oben S. 234 erwähnten Schrift von Lovell, der einzigen Quelle für jene Gegenden, ist dies Verfahren durchaus befolgt.

Andere Meteorologen unterscheiden einzeln die Zahl der Regentage und Regennächte. Auch diese Trennung erschwert die Vergleichung, da ohnehin nie angegeben wird, ob die Nacht von 6 Uhr bis 18 Uhr oder vom Untergange bis zum Aufgange der Sonne gerechnet wird. Ist letzteres der Fall, so kann man die Polargegenden gar nicht in diese Vergleichung ziehen.

Eben so wenig sollten die Schneetage bei der allgemeinen Uebersicht von den Regentagen getrennt werden. Es geschieht in unsern Gegenden sehr häufig, daß mit Regen vermischter Schnee

herabfällt; ein solcher Tag muß also zu den Regen- und Schneetagen gezählt werden, nothwendig aber wird dadurch die Zahl der Tage, an denen Wasser herabfällt, zu groß. Da es jedoch wünschenswerth ist, die Zahl der Schneetage ebenfalls kennen zu lernen, so ist es am zweckmäßigsten, sie besonders neben der Summe der Regen- und Schneetage mitzutheilen.

Um die Menge von Regen an einem Orte zu erhalten, sucht man die Höhe auf, bis zu welcher das Wasser auf einer horizontalen Ebene während eines großen Zeitraumes steigen würde, wofern es nicht verdunstete. Um diese Größe zu erhalten, bedient man sich der Regenmesser (Ombrometer, Udometer, Hyetometer, auch Pluviometer). Meistens nimmt man ein viereckiges oder rundes Gefäß, dessen Oeffnung eine bekannte Größe hat, und stellt dieses im Freien dergestalt auf, daß weder von Bäumen noch von andern Gegenständen Wasser hineingesprützt werden könne. Da jedoch in unsern Gegenden das bei einem Regen herabfallende Wasser häufig kaum eine Linie beträgt, so können bei Abschätzung dieser Größe leicht bedeutende Fehler begangen werden. Man bedient sich deshalb der Maaßröhren. Eine gut calibrirte Röhre, deren Durchmesser ein bekannter aliquoter Theil von dem Durchmesser des Udometers ist, nimmt das herabgefallene Wasser auf, sey es, daß dieses durch eine Röhre aus dem oberen Gefäße in die Maaßröhre fließe, oder daß man es hineingieße. Hat also die Oeffnung des Regenmessers eine Seite von 1 Fuß Länge, das runde Meßgefäß aber einen Durchmesser von 3″, also eine Fläche von 27 Quadratzoll, so nimmt eine Wassermenge, welche in dem Udometer eine Höhe von einer Linie hat, in dem Meßgefäße eine Höhe von $\frac{144}{27} = 5''',3$ ein, und der zu begehende Fehler beträgt hier nur $\frac{1}{5,3}$ dessen, welchen man bei unmittelbarer Messung der Höhe begehen würde.

Da das Wasser stets verdunstet, so sollte seine Höhe sogleich nach jedem Regen gemessen werden, oder es sollte das Wasser durch eine Röhre in ein Gefäß laufen, aus welchem keine Dämpfe entweichen können. Die erste Methode hat manches Unbequeme, wenn sich der Apparat außerhalb der Wohnung des Beobachters befindet; bei der zweiten tritt der Uebelstand ein, daß das Gefäß

bei sehr heftigem Regen überfüllt werden kann. Deshalb verdient die von Horner empfohlene Einrichtung besondere Beachtung; ich theile diese hier mit den Worten des Erfinders um so lieber mit, da er mir die folgende Beschreibung behufs des vorliegenden Werkes mitgetheilt hat.

Fig. 19 giebt eine perspectivische Ansicht dieses Regenmessers; Fig. 2 einen Querschnitt derselben. Aus der Röhre T eines Trichters von beliebiger Größe fließt das Regenwasser in eine Art Schiffchen AB von Weißblech, das bei C (Fig. 19, 20, 21, 22) eine feste Scheidewand hat, und bei D und D′ zwischen zwei Spitzen so beweglich ist, daß es eine bedeutende Oberlast hat. Vermöge der letztern steht es nie horizontal, sondern fällt nach der einen oder andern Seite über, so daß immer eine der Abtheilungen senkrecht unter die Oeffnung des Trichters zu stehen kommt, wie die Lage in Fig. 19 es darstellt. Der Gang dieses Instrumentes ist nun leicht zu erkennen. Sobald die jetzt oben stehende Abtheilung des Schiffchens A sich so weit mit Wasser gefüllt hat, daß sie das Gewicht der andern leeren Hälfte, und den Widerstand, welchen das unterhalb stehende Räderwerk entgegensetzt, zu überwinden vermag, schlägt das Schiffchen um, und erhebt dadurch die andere Abtheilung B, die nun gleichfalls sich füllt, um bald umzuschlagen. Es bedarf also nur einer Einrichtung, um die abwechselnden Schwankungen des Schiffchens zu zählen, und dies geschieht durch folgende Anordnung: EE ist ein Rad von 50 Zähnen, die, wie die Figur zeigt, ziemlich niedrig und auf der einen Seite senkrecht abgesetzt sind, so daß der am Schiffchen befestigte Haken sich leicht über denselben hinschieben, und mit Sicherheit das Rad rückwärts ziehen kann. Dieses findet Statt bei jeder zweiten Ausleerung oder jedem Ueberschlagen von A. Indem B sich ausleert, wird der Haken F um einen Zahn vorgeschoben, und, damit das Rad selbst hierdurch nicht aus seiner Stellung verrückt werde, ist an dem Ständer D′H der Hebel G angebracht, welcher mit einiger Schwere auf dem Rade aufliegt, so daß dasselbe wohl durch den Hebel F zurückgezogen, niemals aber nach der andern Seite bewegt werden kann. Die beiden krummgebogenen Drähte I und I′ (der letztere ist der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung abgebrochen) dienen, das Schiffchen in

der einen und der andern Lage zu unterstützen, so daß der Grad seiner Neigung constant sey, eine Bedingung, die auch leicht auf anderem Wege zu erreichen ist.

Vermittelst des Rades EE lassen sich nun bis auf 50 Schwankungen oder 100 Ausleerungen des Schiffchens zählen, eine Größe, die auch für den stärksten Regen, der binnen 12 Stunden (z. B. die Nacht über) fallen möchte, mehr als hinreichend ist. Einigen Versuchen zufolge füllt sich jede Kammer des Schiffchens vor dem Umschlagen bis auf etwa 1 Kubikzoll an. Gäbe man dem kreisförmigen Trichter etwa 10 Zoll Durchmesser, so ist der Flächenraum seiner Oeffnung $78\frac{1}{2}$ Zoll; mithin würden die 100 Kubikzoll Wasser jenen Flächenraum etwa $\frac{5}{4}$ Zoll hoch anfüllen, was bereits ein bedeutender Regenguß wäre. Sollte er auch noch stärker seyn, so wird man sich nie um $1\frac{1}{4}$ Zoll Regenhöhe irren können, und um aller Ungewißheit zu entgehen, dürfte man nur ein cylindrisches oder prismatisches Gefäß von etlichen Zollen Höhe und ein Paar Zollen Durchmesser neben dem Trichter aussetzen, in welchem die Wasserhöhe die Ganzen, das Rad die Theile angäbe. Man ist jedoch auch dieser Mühe überhoben, wenn man die sinnreiche Einrichtung der nachlaufenden Räder (hunting wheels) benutzt, wodurch weder die Belastung, noch die Reibung der Maschine auf eine so nachtheilige Art vermehrt wird, wie dieses durch Räderwerk der Fall wäre. Es befindet sich nämlich hinter dem Rade EE ein anderes Rad LL von 51 Zähnen, welches auf der Axe K (Fig. 19 u. 20) befestigt ist, während EE nur vermittelst einer Hülse auf derselben sich dreht, und durch den ebenfalls auf der Axe festen Zeiger Z gegen das Abgleiten gesichert ist. Beide Räder werden zugleich mit einander durch den Haken F fortgezogen, und so wird, wenn das Rad EE um 50 Zähne versetzt worden ist, das hintere Rad LL noch um den 51. zurück seyn, und der Weiser Z, welcher mit ihm in fester Verbindung steht, wird um einen Grad der Eintheilung zur Rechten des Nullpunktes stehen; bei einer folgenden Revolution des Rades EE um zwei Grade u. s. f., so daß man mit dieser einfachen Vorrichtung 50 ganze Umläufe des Rades, mithin 50 Mal 100, oder 5000 Ausleerungen des Schiffchens notirt finden kann, was für den Trichter von 10 Zoll Durchmesser einer Wasserhöhe von 64 Zoll

gleich käme; also hinreichte, den Regen zweier Jahre zu messen. Daß dieser Regenmesser keinem andern an Genauigkeit nachstehe, ist aus den obigen Annahmen leicht ersichtlich: es sind nämlich 100 Kubikzoll gleich einem Cylinder von 78,5 Quadratzoll Basis, und 1,273 Zoll Höhe; also eine Ausleerung gleich dem hundertsten Theil dieser Höhe, gleich 0,0127 Zoll oder 0,15 Linien. Der Werth eines Grades der Eintheilung, oder die eigentliche Sprache des Instrumentes, läßt sich jederzeit leicht ausmitteln, indem man ein genaues Flüssigkeitsmaaß, dessen Capacität in angenommenen Kubiktheilen, z. B. Kubikzollen, durch Aichung oder durch geometrische Ausmessung bekannt ist, mehrere Male nach einander in den Trichter ausgießt und die entsprechenden Angaben des Rades damit vergleicht, eine Operation, die von Zeit zu Zeit wiederholt werden muß, um sich zu versichern, ob und wie viel etwa eingetretene stärkere Reibungen die Anfüllungen der Kammern des Schiffchens vermehrt hätten.

Die beigefügten Zeichnungen stellen das Instrument in der halben Größe dar. Der Boden derselben HH, so wie die Ränder HD sind von starkem Eisenblech, etwa 2 Linien dick. Alle Bewegungen gehen zwischen Schraubenspitzen. Das Schiffchen ist etwa 5 Zoll lang, 2 Zoll breit, und in der Mitte etwa $1\frac{1}{3}$ Zoll hoch. Seine Form ist cylindrisch concav, weil die Erfahrung zeigte, daß bei einem planen Boden, ungeachtet der merklichen Senkung, beim Entleeren immer eine Wasserschicht von 1 bis 2 Linien Dicke liegen blieb, welche die Unterlast derselben auf eine unbequeme Weise vermehrt hätte. Die Länge der Kammern von der Scheidewand bis zum Auslauf ist etwa $2\frac{2}{3}$ Zoll und dürfte wohl auf 3 Zoll gehen, weil dadurch die Hebelwirkung des Wassers vor dem Auslaufen vermehrt wird. Als Zeiger für die einzelnen Eintheilungen kann man die Schärfe des Hebels G gebrauchen, oder auch irgend anderswo am Gestell einen festen Weiser anbringen, während dem der Zeiger Z die ganzen Umläufe des Rades, oder die Hunderte der Entleerungen angiebt. Da jeder Grad der Eintheilung zwei Entleerungen gleich ist, so muß die Angabe des Hebels G verdoppelt werden, und wenn zugleich die Abtheilung B es ist, die zuletzt umgeschlagen (wie die Figur es darstellt), so muß zu dieser Zahl noch 1 hinzugesetzt werden. Das Ganze ist schwarz gefirnißt, die Eintheilung auf der gezahnten

Scheibe hingegen weiß auf schwarzem Grunde, wobei die Striche recht sicher vermittelst der Reißfelder mit Firnißfarbe gezogen werden können. Die Maschine kommt in ein Kästchen (Fig. 23.) von etwa 10 Zoll in Kanten zu stehen, das mit Glasfenstern und einer verschlossenen Thüre versehen und auf welchem der Trichter T vermittelst eines flachen angelötheten Ringes oder Kragens befestigt ist. Im Boden derselben, senkrecht unter den Ausleerungen des Schiffchens, sind Löcher, groß genug, um dem Wasser freien Abzug zu gestatten. Das ganze Gehäuse ist stark mit Oelfarbe angestrichen, um den Einflüssen der Witterung desto besser zu widerstehen; es könnte auch ganz von Blech verfertigt werden. Die Aussetzung des Regenmessers hängt von Oertlichkeiten ab, nur muß er solid befestigt seyn. Der Auffangungstrichter muß ziemlich steil von Steigung seyn, damit die oft langsam einfallenden Regentropfen nicht einzeln auf dem Abhange liegen bleiben und verdunsten; oben muß er einen aufrechten cylindrischen Rand haben, dessen innerer Durchmesser an mehreren Stellen sorgfältig nachgemessen werden muß.

Es sey nun a der Flächenraum, welcher diesem Durchmesser zukommt; M das gebrauchte Flüssigkeitsmaaß in Kubikzollen; N die Zahl der Ausleerungen des Schiffchens, welche dieses Quantum Wasser erheischt, um durchzulaufen; n die Zahl der Ausleerungen nach einem Regen, und h die absolute Höhe des gefallenen Regens: so ist erstlich $\frac{M}{N}$ gleich dem Werth einer Ausleerung in Kubikzollen; mithin $n\frac{M}{N}$ gleich der auf die Trichteröffnung gefallenen Regenmenge, welche daselbst einen Wassercylinder von der Größe $a\,h$ entsprechen würde; daraus folgt $h = \frac{n\,M}{a\,N}$. Hier sind M und a unveränderliche Größen; n ist vielleicht wegen Ungleichheit der Reibung einer kleinen Aenderung unterworfen, die wohl erst nach längeren Zeiträumen bemerkbar werden kann; mithin braucht man das jedes Mal beobachtete n nur mit dem constanten Factor $\frac{M}{a\,N}$ zu multipliciren, um h zu erhalten. Wäre z. B. $M = 68$ Kubikzoll; das ihm entsprechende $N = 40$; $n = 13$ und $a = 78{,}5$ Quadratzoll; so ist $\frac{M}{N} = 1{,}7$ Kubikzoll;

$\frac{M}{N\,a}$

$\frac{M}{N\,a} = 0{,}0218$ somit $h = n \times 0{,}0218 = 0{,}284$ Zoll $= 3{,}4$ Linien Höhe. Wäre N nur $= 39$, so würde $h = 0{,}289$ Zoll; woraus erhellet, daß auch eine Aenderung der Reibung im Räderwerk auf das Resultat von geringem Einfluß wäre. Um jedoch auch gegen diese Besorgniß sich völlig zu sichern, möchte es für einen fleißigen Beobachter vorzüglicher seyn, jenes zweite Rad von 51 Zähnen ganz wegzulassen, und dagegen dem Rade EE einen etwas größern Durchmesser und 100 Zähne statt 50 zu geben. Zu bemerken ist noch, daß der am Schiffchen befestigte Hebel, welcher den Haken K in Bewegung setzt, so lang seyn muß, daß er denselben um etwa $1\frac{1}{2}$ Zähne vorschiebt, damit das Umschlagen des Schiffchens durch keinerlei Widerstand gehindert werde, und der Haken den Zahn erst berühre, wenn jenes bereits einige Beschleunigung erhalten hat.

Um die Menge von Wasser zu finden, welche als Schnee oder Hagel herabfällt, ist wohl die Höhe angegeben, welche der Schnee über dem Boden erreicht, aber leider ist diese wegen der ungleichen Dichtigkeit des Schnees, welche zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{24}$ von der des Wassers schwankt [10]), nicht brauchbar, um die Größe des Niederschlages zu bestimmen. Man läßt den Schnee in ein Gefäß von bekannter Oeffnung und beträchtlicher Höhe fallen, schmilzt ihn und mißt alsdann die Menge des erhaltenen Wassers in dem gewöhnlichen Udometer. Macht man das obere Gefäß bei dem Udometer Horner's etwas hoch, so daß es allen während einer gegebenen Zeit herabfallenden Schnee fassen kann, so wird es in vielen Fällen genügen, diesen durch eine bekannte Menge Wasser von höherer Temperatur zu schmelzen und dann die hinzugegossene Menge von dem Endresultate zu subtrahiren.

Bei Vergleichung der absoluten Regenmengen an verschiedenen Orten tritt der Uebelstand ein, daß die Menge Wassers von der Höhe des Instrumentes vom Boden abhängt. Heberden fand, daß sich oben auf der Kirche der Westminsterabtei, auf

---

10) Sedileau in den Mém. de Paris 1692. p. 34. de la Hire ib. 1712. p. 2. Musschenbroek Introd. §. 2404.

einem Hause daneben und noch 15¾ Fuß tiefer, die Regenmengen alle Monate wie 5 zu 8 zu 10 verhielten [11]); und eben dieses Resultat wurde in der Folge von sehr vielen andern Beobachtern bestätigt [12]). Dieser Unterschied ist nicht in allen Jahreszeiten gleich. So fand Dalton, daß sich die Regenmenge auf einem 150 Fuß hohen Thurme zu der am Fuße im Sommer sehr nahe wie 2:3, im Winter wie 1:2 verhielte [13]). Diese Abhängigkeit von den Jahreszeiten zeigen besonders die mehrjährigen Beobachtungen auf der 30 Meter hohen Terrasse der Pariser Sternwarte in Vergleich mit der Regenmenge, welche in einem 27 Meter niedrigeren und 3 Meter über dem Boden befindlichen Regenmesser gefunden wurden. Sehen wir letztere Größe als Einheit an, so ist nach 9jährigen Beobachtungen (1818—26) die Regenmenge auf der Terrasse um 0,116 des Ganzen kleiner. Für die einzelnen Monate aber erhalten wir folgende Größen:

Monat	Terrasse	Hof	Untersch.	Monat	Terrasse	Hof	Untersch.
Jan.	3c,018	3c,622	0,167	Jul.	3c,625	3c,825	0,052
Febr.	3,056	3,757	0,187	August	3,893	4,192	0,071
März	3,662	4,383	0,164	Sept.	4,786	5,097	0,061
April	3,762	4,165	0,097	Oct.	4,617	5,405	0,146
Mai	6,188	6,756	0,084	Nov.	3,993	4,871	0,180
Jun.	3,894	4,150	0,061	Dec.	3,903	4,601	0,152

Viele Physiker glauben, daß blos die mechanische Wirkung des Windes die Ursache der größeren Regenmenge in der Tiefe sey [14]); die Luftströmungen sollen am Boden geringer seyn, als in einiger Höhe, der Regen daher in den am Boden befindlichen Regenmesser vertical, in den oberen schief, also in geringerer Menge fallen. Gewiß ist es, daß diese Erscheinung sich meistens bei windigem Wetter zeigt, wo in Paris die Differenzen am größ-

---

11) Phil. Trans. 1769. Vol. LIX. p. 359.

12) Barrington in Phil. Trans. 1771. p. 294. Bugge in Nye Saml. af det Danske Vidensk. Selsk. Skr V, 227. Wargentin in Abh. der Schwed. Acad. 1763. S. 3. Arago in den Ann. de Chimie XVIII, 410. XII, 422. XXIV, 398 u. andere.

13) Gilbert's Annalen XV.

14) Flaugergues in Bibl. univ. VIII, 127. und Annals of philos. XIV, 14.

ten sind, aber Arago setzt hinzu, daß man dasselbe auch zuweilen bei völlig windstillem Wetter bemerke [15]. Sodann ist offenbar ein beliebiger horizontaler Querschnitt eines Cylinders bei unveränderter Basis derselbe, möge dieser Cylinder schief oder vertical stehen, es muß also in beiden Fällen die Zahl der in das Gefäß fallenden Tropfen gleich seyn [16].

Der wichtigste Grund dieses Unterschiedes ist ein hygrometrischer, wie dieses Hamilton bereits im J. 1765 vermuthete [17]. Wenn der Regen herabfällt, so kommt er aus höheren und kalten Schichten der Atmosphäre, dabei sinkt die Temperatur der Atmosphäre mehr oder weniger. So sah Humboldt das Thermometer in Cumana während eines Regens von 30° bis 21° sinken [18], und dasselbe Phänomen läßt sich bei den meisten Niederschlägen beobachten. Nothwendig ist die Temperatur der Regentropfen noch niedriger, und wenn diese kalten Körper durch die Atmosphäre gehen, so schlägt sich in jedem Momente auf ihnen Dampf nieder; je tiefer die Tropfen sinken, desto größer wird ihr Volumen und die beobachtete Regenmenge [19]. Je näher die unteren Schichten der Atmosphäre dem Punkte der Sättigung sind, desto bedeutender muß dieser Unterschied werden, daher ist er im Sommer in Paris kleiner als im Winter. Eben dieses fand Howard bestätigt. Waren nämlich die unteren Schichten der Atmosphäre trocken, so war die Menge Wassers in dem unteren Gefäße eben so groß, als in dem oberen, bei nebeligem Wetter aber erreichte dieser Unterschied sein Maximum [20]. Hieran reiht sich die Behauptung von Copland, daß es ein Zeichen von länger anhaltendem Regen sey, wenn die Menge des Wassers im unteren Gefäße die im oberen bedeutend übersteige, dagegen von baldiger Rückkehr des guten Wetters, wenn sich im oberen Gefäße eben so viel oder noch mehr Wasser sammle, als im unteren [21],

15) Annales de Chimie XVIII, 410.
16) Meickle in Annals of phil. XIV, 312. Arago in Ann. de Chimie XXXI, 417.
17) Phil. Trans. 1765, 163.
18)) Humboldt Voyage XI, 20.
19) Boisgiraud in den Ann. de Chimie XXXI, 417.
20 Gilbert's Annalen XLI, 420.
21) Ebend. XXXI, 92.

was späterhin auch **de la Rochefoucault de Liancourt** bestätigt fand [22]).

Außer diesem beständig erfolgenden Niederschlage scheint auch der Wind hiebei auf eine Art wirksam zu seyn, welche von der obigen abweicht. Sehen wir bei anhaltendem Regen über eine Ebene weg, so zeigt sich, zumal bei windigem Wetter, einige Fuß über dem Boden eine wenige durchsichtige Luftschicht. Das herabfallende Wasser wird zum Theil in die Höhe gespritzt und von dem Winde herumgetrieben. Durch diese Bewegung, welche wir bei Schneewetter am deutlichsten sehen können, wird es möglich, daß in das tiefere Gefäß noch etwas Wasser vom Boden gelangt.

Bisher fehlt es noch ganz an einer Correction, um die in verschiedenen Höhen gefundenen Regenmengen auf einerlei Abstand vom Boden zu reduciren; so viel indessen die bisherigen Beobachtungen lehren, scheint letztere nicht in allen Climaten gleich zu seyn; in England scheint die Regenmenge mit der Tiefe schneller zu wachsen, als dieses in Paris der Fall ist. Da diese Messungen für landwirthschaftliche Untersuchungen, für das Anschwellen der Flüsse u. s. w. von der größten Wichtigkeit sind, und man hiebei stets die Wassermenge verlangt, welche die Erde wirklich erreicht, so sollte das Instrument stets nur einige Fuß vom Boden entfernt seyn; wird diese Aufstellung durch Localumstände verhindert, so sollte wenigstens allemal die Höhe des Regenmessers mitgetheilt werden.

Von einem kaum meßbaren Niederschlage nimmt die Wassermenge bis zu einer sehr bedeutenden Größe zu. Die Theorie läßt uns hier ganz im Stiche, um dieses Maximum zu bestimmen. Hätte die Luft eine Wärme von 25°, so hielte der Dampf im Zustande der Sättigung einer Quecksilbersäule von 10‴ das Gleichgewicht, und fiele nun alles Wasser herab, so würde es den Boden bis zu einer Höhe von $13 \cdot 10''' = 11''$ bedecken. So viel Wasser fällt nie bei einem Regen herab, jedoch zwischen den Wendekreisen beträgt der Niederschlag während einer Stunde nicht selten mehr als einen Zoll; die Wassermenge, welche dort in der nassen Jahreszeit in Zeit von einer Stunde herabfällt, ist weit größer, als gewöhnlich in unsern Gegenden. So

22) Gilbert's Annalen XLI, 424.

sammelte Humboldt im Mai am Rio Negro in 5 Stunden 21‴ und einige Tage später in 3 Stunden 14‴ Wasser, und dieses war die gewöhnliche Regenmenge [23]). In Bombay fiel am 13 Julius 1827 6″ 6‴,8 und an 10 Tagen im Durchschnitte täglich nahe 4″ [24]). In Cayenne fielen nach den Messungen von Roussin am 14ten Februar von 8^h A. bis 6^h M. $10\frac{1}{4}$″ Wasser [25]).

Dagegen verschwinden freilich die Regenmengen, welche man in gleichen Zeitabschnitten gewöhnlich in höheren Breiten beobachtet, es sind jedoch auch aus diesen einzelne so starke Regengüsse bekannt. So waren nach den Beobachtungen von Tardy de la Brossy in Joyeuse am 9ten August 1807 während eines Tages 9″ 3‴, am 9ten October 1827 bei einem heftigen Gewitter in 22 Stunden 29″ 3‴ Wasser gefallen [26]). Eben so fielen in Genua am 25sten October 1822 wenigstens 30″ [26a]), und in Genf am 20sten Mai 1827 bei einem 3 Stunden anhaltenden heftigen Gewitter wenigstens 6″ Wasser herab [27]). Diese starken Regengüsse aus einer kurz vorher scheinbar trockenen Luft haben die Physiker von jeher nicht wenig in Erstaunen gesetzt [28]), und man glaubte, daß sie sich nicht nach den gewöhnlichen Gesetzen der Hygrometrie erklären ließen. Aber selbst dann, wenn wir annehmen, daß nur die Hälfte des über einem Orte befindlichen Wasserdampfes herabfiele, würden wir eine Größe erhalten, welche die wirklich beobachtete bedeutend überstiege. Nehmen wir dazu, daß in Gebirgsgegenden Luftmassen mit Heftigkeit in die Höhe getrieben werden, daß bei Gewittern in jedem Momente neue Dampfmassen zu der Hauptwolke gelangen, um sogleich darauf als Regen in die Tiefe zu stürzen, dann ergiebt sich die einfache Quelle dieser ungeheuren Wassermenge [29]).

---

23) Humbodt Voyage VII, 306.
24) Edinb. Journ. of Sc. X, 142.
25) Annales de Chimie XXVIII, 406.
26) Ibid. XXXVI, 414.
26a) Ibid. XXVII, 407.
27) Biblioth. univ. XXXV, 53.
28) Im gemeinen Leben bezeichnet man so heftige Niederschläge häufig mit dem Namen Wolkenbrüche.
29) Humboldt Voyage VII, 427.

Ich will jetzt die Phänomene des Regens betrachten, so wie sie sich in verschiedenen Gegenden der Erde zeigen. Wo zwischen den Wendekreisen der Passat mit größter Stärke und Regelmäßigkeit auf dem Meere weht, regnet es nicht, der Himmel ist stets heiter, zumal wenn die Sonne in der andern Halbkugel steht. Nur in der Region der Calmen regnet es häufig; der aufsteigende Luftstrom nimmt eine große Menge von Dämpfen mit, welche in den höheren Schichten der Atmosphäre und an der Gränze des oberen und unteren Passates condensirt werden. Die Sonne geht hier meistens bei heiterem Himmel auf, gegen Mittag zeigen sich einzelne Wolken, deren Volumen bald zunimmt, es folgen gewaltige electrische Explosionen mit heftigen Windstößen; gegen Abend lösen sich die Wolken auf und die Sonne geht meistens heiter unter [30]). Bei diesem Vorgange, der sich fast täglich wiederholt, fällt eine große Menge Regen herab: so fand Tuckey, daß am 12ten Mai 1816 in 2° 30′ N während einer Zeit von drei Stunden 3″ 1‴ Wasser auf sein Schiff fiel [31]). Dieses Phänomen zeigt sich auch in Südamerica in der Nähe des Aequators, nur daß hier vielleicht durch partielle Luftströme die Condensation allgemeiner zu seyn scheint, wenigstens sieht man am Rio Negro die Sonne und Sterne nur selten [32]).

Diese reichlichen Niederschläge am Aequator scheinen auch Ursache zu seyn, daß es in der Region der Passate so wenig regnet. Der obere Luftstrom verliert schon einen großen Theil seines Dampfgehaltes, und nur dann, wenn er sich in höheren Breiten in die Tiefe senkt und das Zusammentreffen der Polar- und Aequatorialströme Luftmassen von ungleicher Wärme und Dampfgehalte mischt, beginnt der Regen aufs Neue.

Wo dagegen zwischen den Wendekreisen die Passate nicht mit größter Regelmäßigkeit wehen, regnet es in einem Theile des Jahres, während der Himmel in dem andern Theile heiter ist. Man nimmt daher zwischen den Wendekreisen nur zwei Jahreszeiten an, die trockene und die nasse, oder wie die Indianer des Orenocco sagen, die Jahreszeit der Sonne und der

30) Spix und Martius Reise I, 74.

31) Annales de Chimie XXVII, 407.

32) Humboldt Voyage VII, 305.

Wolken [33]). Dieselbe Eintheilung finden wir bei den Mandingos [34]), den Negern der Sierra-Leone-Küste [35]) und allenthalben wo sich diese Jahreszeiten characteristisch unterscheiden. In der trockenen Jahreszeit gehört selbst das Erscheinen einer einzelnen Wolke zu den Seltenheiten [36]), nur in einzelnen Gebirgsthälern zeigt sich eine Störung dieses Ganges [37]), wahrscheinlich durch partielle Luftströme, welche locale Condensationen des Dampfes bedingen.

Dieses Phänomen zeigt sich an den meisten Orten fast auf dieselbe Weise; nirgends aber ist es so ausführlich untersucht worden, als dieses von A. v. Humboldt am Orenocco geschehen ist. In demjenigen Theile Südamericas, welcher nördlich vom Aequator liegt, ist der Himmel vom December bis zum Februar ungemein heiter, der Wind weht mit großer Regelmäßigkeit aus O oder ONO, dabei ist die Luft im hohen Grade trocken und die Pflanzen haben ihre Blätter verloren [38]). Gegen Ende Februars und im Anfange des Märzes ist das Blau des Himmels weniger tief, das Hygrometer zeigt größere Feuchtigkeit, die Bäume fangen an sich zu belauben; das helle Licht der Sterne wird zuweilen durch eine leichte Nebelschicht verhüllt, sie funkeln selbst bis zu einer Höhe von 80° [39]). Der regelmäßige Wind wird weniger stark, und Windstillen sind häufig. Nach und nach häufen sich gegen SSO Gebirgen ähnliche Wolken, die nicht selten den ganzen Himmel mit ungeheurer Schnelligkeit durchlaufen. Am Ende März zeigen sich electrische Explosionen am südlichen Himmel, dann geht der Wind auf mehrere Stunden nach W und WSW, dabei nimmt die Luftelectricität zu, namentlich ist sie zur Zeit des Sonnenunterganges stark [40]), und dieses ist ein sicheres Zeichen von der Nähe der nassen Jahreszeit, welche am Orenocco

---

33) Humboldt Voyage VI, 176 und in den Ann. de Chimie VIII, 180.
34) Mungo Park travels p. 271.
35) Winterbottom Nachrichten S. 33.
36) Humboldt Voyage VI, 180.
37) Ibid. und Dampier Traité des vents p. 79.
38) Humboldt Voyage V, 108. VI, 179.
39) Ibid. V, 115.
40) Ibid. VI, 178. XI, 22.

am Ende Aprils beginnt. Der Himmel wird dann trübe, das Blau verschwindet und der Himmel bekommt bei steigender Temperatur eine gleichmäßig graue Farbe. Nachmittags wenn die Wärme der Atmosphäre ihr Maximum erreicht, erhebt sich auf der Ebene ein Gewitter mit heftigem Regen, welcher sich während der Nacht nur in wenigen Gegenden zeigt. Schon ein unbekannter Holländer bestimmte diesen Gang im J. 1722 für Surinam folgendermaßen: In der feuchten Jahreszeit fängt der Regen anfänglich zwischen 9^h und 10^h Morgens an und dauert bis 3^h oder 4^h Abends; später nimmt er gegen 11^h oder Mittag den Anfang, nachher gegen 1^h oder 2^h und zuletzt gegen 3^h oder 4^h, worauf er endlich ganz aufhört. Sehr selten regnet es zur Nachtzeit; bei Sonnenaufgang ist die Luft das ganze Jahr hindurch hell [41]). Diese heiteren Morgen scheinen in den meisten Gegenden vorhanden zu seyn, so in Quito [42]), in Dar-Fur u. s. w. [43]), und nur die Wälder des Orenocco und Rio Negro, wo die Sterne selten sichtbar sind, machen vielleicht deshalb eine Ausnahme, weil ein großer Theil der Dämpfe in der Tiefe condensirt wird.

Alle Phänomene deuten darauf, daß durch den aufsteigenden Luftstrom, welcher an dem Orte am stärksten ist, in dessen Zenith sich die Sonne befindet, eine große Störung im Gleichgewichte der Atmosphäre erzeugt wird; daher anfänglich nur ein Funkeln der Sterne, späterhin eine Veränderung in der Richtung der Winde. Durch die Verdunstung des am vorigen Tage gefallenen Wassers wird dieser Prozeß längere Zeit unterhalten. Die Luft ist dann so feucht, daß selbst mitten in Africa Kleider, Schuhe und andere Gegenstände, welche nicht unmittelbar am Feuer stehen, feucht werden und die Einwohner sich in einer Art von Dampfbad befinden [44]). Eben so wie in Südamerica, so kündigt sich auch in Africa die nasse Jahreszeit durch den Wechsel

---

41) Journal litteraire de la Haye 1722. p. 234 bei Humboldt Voyage X, 370.
42) Stevenson Reise II, 194.
43) Browne travels p. 281.
44) Mungo Park travels p. 259. Denham Narrative p. 207. Dasselbe gilt von America. Bouguer Figure de la Terre. p. XXI.

der Winde an. Am Südrande der Sahara, so wie an der Sierra-Leone-Küste sind die häufigen Aenderungen des Windes und zerstreute Wolken die Vorzeichen von ihr, sie beginnt dann, wenn der SW über den NO das Uebergewicht erhalten hat [45]. Dieses Uebergewicht dauert auch in der nassen Jahreszeit fort (s. S. 201), und nur dann, wenn der Wind auf einige Zeit nach N oder W geht, hören die Regen auf [46]).

Da diese Niederschläge von dem aufsteigenden Luftstrome abhängen, letzterer aber mit der Sonne fortrückt, so findet eine ähnliche Verrückung dieser Jahreszeit Statt [47]); im Allgemeinen sind die Regen dann am stärksten, wenn sich die Sonne im Zenith des Beobachters befindet. In Africa z. B. beginnt die nasse Jahreszeit in der Nähe des Aequators schon im April; zwischen 10° N und dem Wendekreise, namentlich in den Gegenden, durch welche der Senegal fließt, dauert sie vom Anfange des Junius bis zu Anfange des November [48]), während sie an der Sierra-Leone-Küste bereits im Mai anfängt und am Ende Septembers aufhört [49]). Und ein völlig ähnliches Verhalten zeigt sich im Innern Africa's. Auf dem nördlichen Theile der Mandingo-Terrasse traf Mungo Park den ersten Regen am 19ten Junius [50]), dagegen beginnt der Regen in dem südlicher liegenden Bornu schon in der Mitte Mais mit heftigen Gewittern und dauert bis zur Mitte Septembers [51]), vielleicht aber fängt sie hier schon etwas früher an, da die Reisenden schon am 18ten und 25sten April heftige Gewitter hatten [52]), was auch mit den Angaben des Sherif Imhammed (Mitte Aprils) übereinstimmt [53]). In Dar-Fur dauert diese Jahreszeit von der Mitte

45) Mungo Park travels p. 147. Denham Narrative p. 207. Browne travels p. 281. Winterbottom Nachrichten S. 94.
46) Sherif Imhammed bei Lucas in den Proceedings I, 199.
47) Dampier Traité des Vents p. 72.
48) Golberry fragmens I, 225.
49) Winterbottom Nachrichten S. 35.
50) Mungo Park Travels p. 167.
51) Denham Narrative p. 314 u. 197.
52) Ibid. 105 u. 125.
53) Bei Lucas in den Proceedings I, 199.

des Junius bis zur Mitte des September [54]). In dem noch südlicheren Gondar (Habesch) ist der Anfang noch früher, da schon am ersten März einzelne Regentropfen fallen [55]), vielleicht aber sind hier die Gebirge eine der mitwirkenden Ursachen, gerade so wie in Jamaica die Regen drei Wochen früher in den Gebirgen als an der Küste eintreten [56]).

An denjenigen Orten, welche in der Nähe des Aequators liegen und durch deren Zenith die Sonne jährlich zweimal geht, finden wir zwei nasse Jahreszeiten, sey es nun, daß beide wirklich durch eine trockene Jahreszeit getrennt sind, oder daß sich nur zwei Maxima in der Menge des Regens zeigen. So unterscheidet man in Berbice (holl. Guiana) die große Regenzeit vom April bis Junius, dann folgt bis zur Mitte des December die große trockene Jahreszeit, hierauf bis zur Mitte des Februar die kleine Regenzeit und in dem übrigen Theile des Jahres die kleine trockene Zeit [57]). Jedoch scheint dieser Vorgang nicht in allen Jahren genau auf dieselbe Art zu erfolgen, wenigstens bemerkt Dampier, daß Surinam das einzige ihm bekannte Land der nördlichen Halbkugel sey, welches mit der südlichen einerlei Jahreszeiten habe [58]), offenbar wegen des Vordringens des SO-Passates in die nördliche Halbkugel (s. S. 181).

Wie weit sich die periodischen Regen nach Norden oder Süden erstrecken ist nicht bekannt; wenn erst die Wissenschaften in America mehr cultivirt seyn werden, so wird sich hierüber mehr entscheiden lassen; in der Havannah scheint nach den sogleich mitzutheilenden Messungen ein Uebergang zu den Verhältnissen in höheren Breiten Statt zu finden. In der Sahara scheinen sie ihre nördliche Gränze in etwa 16° N zu haben [59]). In Dongola in 18° N sind die Regen nicht mehr regelmäßig: so gab es in Ambukol im J. 1823 nur

54) Browne travels p. 254.
55) Bruce Reisen III, 668.
56) Dampier Traité des Vents p. 79.
57) Hartsink Beschreibung von Guiana I, 293.
58) Dampier Traité des Vents p. 77.
59) Bruce Reisen I, 264 u. Denham Narrative, Uebersichtscharte.

fünf Regenschauer und nicht viel mehr im folgenden Jahre; diese Sommerregen werden in der Landstrecke Beheda (in der Nilkrümmung nordwestlich von Scheudie) in 17° N schon ziemlich regelmäßig, und in Schendie sind die Regen schon heftig [60]). In der Nähe des Meeres scheint die Gränze nördlicher zu liegen, wie Golberry's Bemerkungen (l. l.) für die Westküste beweisen, und eben so scheint die Gränze in Nubien sich fast bis 19° N zu erstrecken [61]), so daß diese Gränze im Innern Africa's wahrscheinlich eine gegen den Aequator convexe Curve bildet.

Eine bereits mehrfach erwähnte Ausnahme von diesem allgemeinen Gange macht Hindostan. Die Westküste dieser Halbinsel hat ihre nasse Jahreszeit während des SW-, die östliche während des NO-Moussons. Indem nämlich der vom Meere kommende SW-Wind an der Küste Malabar durch die Ghats aufgehalten wird, häuft sich dort eine Menge von Dämpfen an, die in den höheren Regionen condensirt werden und viele Regen und heftige Stürme verursachen, daß keine Schiffe landen können. Diese Stürme erstrecken sich oft 60 Lieues von der Küste, weiterhin ist der Himmel heiter. Ganz dasselbe erfolgt während des NO-Moussons an der Küste Coromandel, nur ist hier das Gebirge weniger steil und das Wetter weniger schlecht [62]). Das Plateau von Decan nimmt an beiden Jahreszeiten Theil, nur kommt hier die Luft ziemlich trocken an, und daher sind die Regen nicht bedeutend. Eben so zeigt Ceylon diesen Gegensatz der Ost- und Westküste in einem verjüngten Maaßstabe. So wie die nasse Jahreszeit in America und Africa mit der Sonne fortrückt, so auch hier; die Regenzeit fängt in Calcutta am 2ten Junius an, in Lucknow etwa 16 Tage später [63]).

Die Gränze der periodischen Regen scheint an der Westküste Hindostans in der Nähe der Mündungen des Indus zu liegen,

---

60) Rüppell Reise S. 75. 99. 116.

61) Ehrenberg bei Buch in Poggendorff's Annalen XV, 360.

62) le Gentil Voyage I, 475.

63) Valentia Reise I, 175.

denn hier regnet es nur noch am Meere, im Innern zeigen sich einzelne Regenschauer und in Tatta hatte es bei Hamilton's Anwesenheit seit drei Jahren nicht geregnet. Während sich aber, wie bereits Aristobulus bemerkt hatte, in der Ebene kein Regen zeigt, sind dieselben in den Gebirgen häufiger [64]).

Die Regentropfen zeichnen sich in den meisten Tropengegenden durch ihre bedeutende Größe aus [65]); das Gefühl, welches die einzelnen Tropfen auf dem nackten Körper verursachen, ist höchst unangenehm [66]), offenbar deshalb, weil diese großen Tropfen sich wegen des geringeren Widerstandes schneller bewegen, als kleinere, und das Product der Masse mit der Geschwindigkeit, d. h. die stoßende Kraft, bei jenen weit größer ist, als bei diesen. Die absolute Wassermenge, welche dann herabfällt, ist sehr groß und die Flüsse wachsen sehr schnell. Das Ansteigen des Nils ist seit Jahrtausenden bekannt, aber dieselbe Erscheinung zeigen alle tropischen Flüsse. Eigentliche Messungen über die Regenmenge sind bis jetzt nur in geringer Menge angestellt. Le Gentil erhielt in Pondichery vom 7ten bis 29sten November 12″ 9‴ Wasser [67]), und er vermuthet, daß die Höhe des Regens an der Küste Malabar 7 bis 8 Fuß betrage [68]). Nach einer Uebersicht in der India Gazette betrug die Regenmenge zu Arracan im Julius 60, im August 43,5 englische Zoll, und dabei hatte es seit dem Mai stark geregnet [69]). In Vera Cruz fand Costanza im J. 1803 62″ 2‴ Wasser, und hievon gaben Julius, August und September allein 35″ 2‴; im December und Januar fällt daselbst kein Tropfen, und die Monate Februar, April und Mai geben gewöhnlich nur 2″ bis 2″ 3‴ Wasser [70]). Die jährliche Regen-

64) Robertson on ancient India in history of Scotland. 8. Francf. p. 630.

65) Humboldt Voyage XI, 19. Trail in Asiatic. Res. II, 438. Chanvallon bei Cotte Mém. II, 544.

66) Golberry Fragmens II, 306.

67) le Gentil Voyage I, 522.

68) Ibid. I, 475.

69) Ferussac Bulletin 1826. Mai. p. 349.

70) Humboldt Voyage VII, 425.

menge am Rio Negro mag vielleicht 90 bis 100 Zoll betragen [71]). Localverhältnisse sind Ursache, daß die Regenmenge in manchen Gegenden kleiner ist; der aufsteigende Luftstrom ist z. B. bei Cumana Ursache, daß es hier fast gar nicht regnet, während die Niederschläge in den südlicher liegenden Gebirgen häufiger sind; die ganze Wassermasse selbst erreicht dort während des Jahres nur eine Höhe von 7 bis 8″ [72]). Eben so regnet es an Vorgebirgen nicht so häufig als in Baien [73]), offenbar, weil in letzteren die Dämpfe wie in einen Sack geführt und condensirt werden, wenn sie über die Bergkette gehen wollen. Wie wirksam die letztere Ursache sey, das zeigen uns in höheren Breiten Heidelberg, wo es häufig regnet, während es im Rheinthale heiter ist, und Bergen in Norwegen. Eben so zeigen die Messungen Humboldt's im Hafen Guyaquil am großen Ocean und in Quito, daß das Wasser, welches auf dem Rücken der Anden während einer Stunde herabfällt, 2 bis 3 Mal kleiner ist, als am Meere. Es regnet dort häufiger, aber nicht so stark als hier [74]). Theils die niedrigere Temperatur in der Höhe, theils die größere Trockenheit im Innern der Continente mag auch in Südamerica ein ähnliches Phänomen bedingen, als schon von Hindostan erwähnt wurde.

Folgende Tafel zeigt die Menge des herabgefallenen Wassers an verschiedenen Orten, in Pariser Zollen.

---

71) Ibid. VII, 423.

72) Humboldt Voyage III, 371. XI, 19.

73) Dampier Traité des Vents p. 73. 77.

74) Humboldt Voyage VII, 307.

Monat	Bombay 75)	Seringapatam 76)	Calcutta 77)	Kandy 78)
Januar	. . . . . .	. . . .	. . . .	2″ 4‴,1
Februar	. . . . . .	0″ 3‴,4	2″ 6‴,2	0. 11,3
März	. . . . . .	0. 0,1	0. 10,7	4. 1,5
April	. . . . . .	2. 3,8	4. 9,9	4. 10,5
Mai	. . . . . .	5. 1,5	6. 0,4	0. 5,6
Junius	22″ 6‴,6	5. 5,8	21. 2,6	4. 10,0
Julius	19. 11,5	1. 8,9	12. 6,0	9. 1,2
August	17. 10,2	1. 3,4	11. 6,3	5. 8,7
Septbr.	12. 5,3	0. 9,0	9. 4,6	7. 2,7
October	0. 8,3	3. 9,8	1. 7,0	14. 5,3
Novbr.	. . . . . .	1. 5,0	0. 9,1	9. 2,3
Decbr.	. . . . . .	. . . .	0. 0,2	5. 7,5
Jahr	73. 5,9	22. 2,7	71. 3,0	68. 10,7

Monat	Sierra Leone Küste 79)	Rio Janeiro 80)	Tivoli 81)	Havannah 82)	Grenada 83)
Januar	0″ 8‴,2	5″ 8‴,5	2″ 9‴,0	4″ 8‴,1	8″ 7‴,2
Februar	0. 3,4	4. 6,3	3. 1,6	2. 10,7	5. 8,1
März	1. 0,6	8. 6,0	3. 1,9	3. 9,9	2. 0,0
April	1. 6,1	5. 1,7	9. 5,9	2. 1,7	0. 6,2
Mai	6. 5,7	3. 10,1	9. 6,0	9. 5,9	2. 2,0
Junius	9. 6,4	2. 6,4	6. 7,9	23. 8,6	8. 6,0
Julius	9. 8,2	1. 5,3	5. 8,0	5. 6,7	12. 3,0
August	21. 8,5	2. 3,3	8. 2,6	6. 5,7	10. 5,0
Septbr.	18. 8,0	5. 9,0	17. 7,6	10. 5,6	18. 3,7
October	8. 6,2	3. 3,5	11. 5,6	10. 3,9	11. 4,0
Novbr.	1. 8,8	6. 4,1	4. 9,0	4. 5,4	8. 5,0
Decbr.	1. 1,2	6. 2,5	18. 7,6	1. 8,6	17. 0,0
Jahr	80. 11,3	55. 7,2	100. 11,9	85. 8,8	105. 1,2

75) 11jähr. Beob. (1817—27) im Edinb. Journ. of Sc. X, 141.

76) 1jähr. Beob. ibid. V, 258. Auf dem Plateau Hindostans liegend hat es fast das ganze Jahr schwache Regen. Die Regen sind dann, wenn die Regenzeit auf jeder Küste von Ostindien anfängt (Mai und October) am stärksten.

77) 2jähr. Beob. (1784—85) von Trail und Pearse in Asiatic. Res. 1, 441 u. II, 421. Im Winkel des bengalischen Meerbusens liegend nimmt es an beiden Regenzeiten Theil.

78) 1jähr. Beob. (1818) in Tilloch Philos. Magaz. LV, 319. Von diesem in der Mitte Ceylons liegenden Punkte gilt dasselbe wie von Seringapatam.

79) 1jähr. Beob. bei Winterbottom Nachrichten S. 348.

80) 2jähr. Beob. (1784—85) von Bento Sanches Dorta bei Balbi Essai sur le royaume de Portugal I, 110.

81) 2jähr. Beob. (1781—82) auf St. Domingo von des Hayes bei Cotte Mém. II, 566.

82) 7jähr. Beob. (1821—27) von Ramon de la Sagra in Schweigger's Jahrb. N. R. XXV, 405.

83) 1jähr. Beob. (Jun. 1772—Mai 1773) von Cazaud bei Cotte Mém. II, 373.

Gehen wir weiter nach Norden, so finden wir keine eigentlich nasse Jahreszeit mehr; während des ganzen Jahres beinahe zeigen sich Niederschläge, jedoch ist die Menge des Wassers in den einzelnen Monaten nicht gleich. Wir haben oben (S. 219) gesehen, daß in Funchal die Winde im Winter veränderlich sind, während im Sommer fast regelmäßig der Passat weht. Im Winter also, wo weit häufiger Luftmassen von ungleicher Temperatur gemischt werden, finden weit reichlichere Niederschläge Statt. Um hier sowohl als an allen übrigen Orten die Vertheilung des Regens in den einzelnen Jahreszeiten näher zu vergleichen, will ich die ganze Regenmenge, welche an einem Orte während des Jahres fällt, mit 100 bezeichnen, und die Regenmengen in den einzelnen Jahreszeiten als Prozente ansehen: ein Verfahren, welches besonders Gasparin empfohlen hat, um die climatischen Verhältnisse des Regens an verschiedenen Orten zu vergleichen. Neunjährigen Beobachtungen von Heberden und Heinecken [84]) zufolge ist die Menge des herabfallenden Wassers folgende:

Monat	Regenmenge	Monat	Regenmenge
Januar	7′ 0‴8	Julius	0″ 0‴,9
Februar	2. 9,7	August	0. 3,4
März	1. 10,7	September	1. 0,5
April	1. 2,6	October	2. 11,8
Mai	1. 1,6	November	3. 10,1
Junius	0. 4,5	December	3. 3,4

Jährliche Regenmenge = 26″ 0‴,0.

Die Regenmenge ist hier bei weitem geringer als zwischen den Wendekreisen, und die Vertheilung des Regens im Jahre folgt einem ganz andern Gesetze, die Größe des Niederschlages ist dann am kleinsten, wenn die Sonne dem Zenith am nächsten ist. Es beträgt die Regenmenge

im Winter	50,6 Prozent
Frühling	16,3
Sommer	2,8
Herbst	30,3

84) Heberden von 1747—53 in Philos. Trans. 1751. p. 357, u. 1753. p. 619. Heinecken 1827 in Brewster's Edinb. Journal of Science N. XIX. Vol. X. p. 73, u. 1828. ibid. New Series No. I. p. 34.

von der im ganzen Jahre fallenden, und ein völlig ähnlicher Gang findet auf den Canarischen Inseln Statt [85]). Selbst noch im südwestlichen Theile von Europa zeigen uns die Orte südlich von den Pyrenäen, daß der Niederschlag im Sommer fast gänzlich fehlt, wahrscheinlich weil sich dann bis dahin die Passate erstrecken [86]). Die Menge des gefallenen Regens in Portugal zeigt folgende Tafel:

Monat	Lissabon [87])		Mafra [88])		Coimbra [89])	
Januar	3″	0‴,8	7″	4‴,5	10″	0‴,5
Februar	2.	5,3	5.	7,6	3.	0,5
März	2.	6,6	6.	1,2	3.	8,5
April	4.	5,4	2.	5,5	7.	6,0
Mai	1.	7,3	2.	10,6	9.	7,0
Junius	0.	1,8	0.	4,5	9.	7,0
Julius	0.	3,6	0.	1,4	2.	10,5
August	0.	5,1	0.	7,5	7.	2,5
September	1.	3,8	2.	1,7	8.	2,0
October	2.	7,2	2.	4,2	20.	4,0
November	1.	10,5	2.	3,7	19.	2,0
December	4.	7,2	9.	2,1	10.	4,0
Jahr	25.	4,6	41.	6,5	111.	6,5
Winter	39,9 pC.		53,4		21,0	
Frühling	33,9		27,5		18,6	
Sommer	3,4		2,7		17,6	
Herbst	22,8		16,4		42,8	

Hier

85) L. v. Buch Canarische Inseln S. 82.

86) Ebend. S. 66.

87) 8jähr. Beob. 1784—85 von Prétorius, und 1816—21 von Franzini bei Balbi Essai sur Portugal I, 112.

88) 2jähr. Beob. (1784—85) von Joaquim da Assumpçao Velha ibid.

89) 2jähr. Beob. (1816—17) von Constantino Botelho de Lacerda Lobo ibid. Im Septbr., Octbr. und Novbr. 1817 betrugen die Regenmengen respective 87″ 10‴, 108″ 5‴ und 50″ 6‴; da es aber nach Balbi unentschieden ist, ob hier nicht Druckfehler in den Zahlen sind, so habe ich in den gedachten Monaten nur die Messungen von 1816 genommen.

Hier zeigen uns Lissabon und Mafra Verhältnisse, welche denen auf den Azoren völlig ähnlich sind; fast gar keine Regen im Sommer, dagegen sehr bedeutend im Winter. In der längeren Beobachtungsreihe zu Lissabon, wo sich die Ungleichheiten einzelner Jahre zum Theil ausgeglichen haben, würden wir einen regelmäßigen Uebergang vom December zum Junius finden, wenn nicht April und October eine Unregelmäßigkeit zeigten. Ich glaube, daß der Grund in dem schon oben (S. 249) berührten Austausche der Luftmassen zwischen beiden Halbkugeln liegt, es ist die Bewegung jetzt am lebhaftesten, und wegen der Mischung ungleich warmer Luftmassen findet eben so wie in höheren Breiten häufig Condensation des Dampfes Statt. Die Regenmenge ist in Mafra fast doppelt so groß als in Lissabon, Höhen in der Nähe jenes Ortes sind hievon Ursache. Und eben solche Localursachen bedingen auch den ungeheuern Niederschlag in Coimbra; an keinem mir bekannten Orte von Europa fällt soviel Wasser herab. Das Thal des Mondego, an dessen Ufern Coimbra amphitheatralisch erbaut ist, wird hier durch Höhen geschlossen, die vom Meere kommenden Dämpfe werden eben so condensirt, wie im Norden bei Bergen, und starke Regen sind häufig. Die Portugiesen halten Coimbra für einen der feuchtesten Punkte ihres Landes. Dabei werden dann auch die Verhältnisse in der Regenmenge der einzelnen Jahreszeiten völlig verändert; zur scharfen Bestimmung dieser Anomalien sind aber vieljährige Beobachtungen erforderlich.

Völlig abweichend von den Verhältnissen zwischen den Wendekreisen ist der Gang des Niederschlages in dem übrigen Europa; nur Italien und das südliche Frankreich zeigen eine Vertheilung, welche an die eben erwähnte in Portugal erinnert. Die Luftströme, welche Ursache dieser Erscheinung sind, werden von den hohen Kämmen der Alpen und Pyrenäen verhindert, weiter nach Norden zu wirken. Ich will zuerst die Gegenden nördlich von diesen Ketten näher betrachten und dann zu dem südlichen Europa übergehen.

Das Vorherrschen der westlichen Winde in Europa, das weit ausgedehnte Meer auf einer, das große Festland auf der andern Seite, sind die einflußreichsten Ursachen bei Bestimmung der Regenverhältnisse. Wehte hier unablässig selbst noch in bedeuten-

der Höhe der NO Wind, so würde es nie regnen; über eine trockene Landstrecke geht er nach niederen Breiten, und durch die daraus folgende Erhöhung der Temperatur entfernen sich die Dämpfe weiter vom Condensationspunkte. Wenn dagegen umgekehrt stets ein Südwestwind wehte, so würde es unaufhörlich regnen; so wie die feuchte Luft in höheren Breiten kälter wird, müssen sich Niederschläge bilden. Diese beiden Winde, welche sehr häufig wechseln und durch deren Zusammentreffen vielleicht die übrigen Luftströmungen erzeugt werden, behalten diesen Charakter vorherrschend; es können bei nördlichen Winden weit weniger Niederschläge Statt finden, als bei südlichen [90]). Dieses bestätigt auch die Erfahrung. Die Zahl der Niederschläge (Regen und Schnee) ist nicht bei allen Winden gleich; die südlichen und westlichen Winde haben ein bedeutendes Uebergewicht. L. v. Buch machte in neueren Zeiten auf diesen Umstand besonders aufmerksam [91]); wird die Zahl sämmtlicher Niederschläge in Berlin mit 100 bezeichnet, so erhalten wir für jeden Wind folgende Größen:

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
4,1	4,0	4,9	4,9	10,2	32,8	24,8	14,4

Hier sehen wir, daß die Zahl der Niederschläge bei nordöstlichen Winden fast verschwindet, während mehr als die Hälfte der Regentage bei westlichen und südwestlichen Winden Statt findet. Da jedoch die Winde aus den verschiedenen Richtungen nicht gleich oft wehen, die westlichen namentlich im Allgemeinen weit häufiger sind, als die östlichen, so könnte man einwenden, daß die Zahl der Niederschläge wegen des Vorherrschens von jenen größer seyn müßte, selbst in dem Falle, wo jeder Wind denselben Einfluß auf die Entstehung des Regens hätte. Untersucht man aber, wie oft jeder Wind wehen muß, wenn es ein Mal bei ihm regnen soll, so findet man auch hier ein entschiedenes Uebergewicht der südwestlichen Winde. Weht nämlich in Berlin

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
5,8	8,1	8,8	6,9	3,8	2,8	4,2	4,5

Mal, so regnet es ein Mal. Jeder dritte SW Wind bringt also Regen, während Ostwind 9 Mal wehen muß, wenn es ein Mal

90) Hamilton in Phil. Trans. 1765. p. 165.

91) Abhandl. der Berl. Acad. für 1818—19. S. 101.

bei ihm regnen soll. Dieses Verhältniß ist nicht in allen Jahreszeiten gleich. Soll es nämlich in Berlin ein Mal regnen, so beträgt die Zahl, wie oft jeder Wind wehen muß,

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Winter	5,0	4,4	8,3	6,6	3,9	2,6	3,2	3,3
Frühling	3,8	4,6	11,1	7,8	4,2	3,0	3,8	5,1
Sommer	7,5	9,9	5,4	6,4	2,8	2,4	4,0	4,9
Herbst	10,3	9,2	24,1	6,6	4,5	3,2	5,8	4,0

Während es in der kalten Jahreszeit sehr häufig bei nördlichen und östlichen Winden regnet, ist die Zahl der Niederschläge im Sommer und Herbste bei ihnen sehr klein; in jener Jahreszeit ist das Innere des Continentes bei weitem kälter als die Luft über dem Meere in derselben Breite, im Sommer findet das Gegentheil Statt (S. 134); wenn in jenem Falle eine schnelle Condensation erfolgt, können in diesem selbst die niedergeschlagenen Dämpfe aufgelöst werden. Wären wir im Stande, die Richtung des Windes durch die ganze Atmosphäre anzugeben, so würde der Gegensatz zwischen NO und SW noch größer seyn; aber eine Zusammenstellung gleichzeitiger Beobachtungen zeigt nicht selten, daß der SW Wind an vielen Orten bereits herrscht, wenn es beim NO Winde regnet [92]). Der SW Wind hat schon in den oberen Regionen und in den westlichen Gegenden das Uebergewicht erhalten, während der NO Wind in der Tiefe noch fortdauert, um jenem in kurzer Zeit zu weichen [93]).

Aber selbst wenn es beim NO Winde regnet, zeigt sich meistens ein sehr bedeutender Unterschied in dem Verhalten des Regens bei NO und SW Winden. Wenn NO Winde plötzlich das Uebergewicht erhalten, so sinkt die Temperatur schnell, Dämpfe werden in kurzer Zeit condensirt, der Regen fällt dicht und in großen Tropfen herab, bald aber hat das meiste Wasser den Boden erreicht und es folgt heiterer Himmel. Regnet es bei SW Winden, so ist der Regen meistens fein und hält lange Zeit an [94]). In höheren Breiten scheinen sich diese heftigen von Nie-

92) Buch l. l.
93) Dove in Poggendorff's Annalen.
94) Buch l. l. Daniell Essays p. 116. de Luc Modific. de l'atm. III, 281. §. 727. Idées II, 46. §. 569.

verschlägen begleiteten Nordwinde noch häufiger zu zeigen, als in mittleren; auf der Küste der Hudsons-Bai erhebt sich oft bei Windstille, heiterem Wetter und einer Wärme von 32° (90° F.) ein heftiger Wind aus NW und mit diesem kommt Schnee oder Hagel, in kurzer Zeit wird es heiter, das Thermometer war dabei auf 10° (50° F.) gesunken und erreicht seinen früheren Stand erst allmählig wieder [95]).

In dieser niederen Temperatur, von welcher die nördlichen Winde zumal im Winter begleitet sind, liegt auch der Grund, daß es bei ihnen am häufigsten schneit; wenn die südlichen Winde auch das Wasser bringen, so ist ihre Temperatur oft nicht hinreichend klein, damit das Wasser krystallisire. Nach 5jährigen Beobachtungen in Berlin schneit es unter 100 Malen bei [96])

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	
11,1	17,5	7,0	7,3	5,0	15,7	14,7	21,5	Mal.

Aehnliche Verhältnisse, als die in Berlin, scheinen in dem größten Theile von Europa nördlich von den Alpen und südlich von Schweden und Norwegen, so wie wahrscheinlich an der Küste Norwegens Statt zu finden. Folgende Tafel giebt in der mit A überschriebenen Spalte an, wie viel Regen auf jeden Wind kommen, die absolute Zahl der Winde mit 100 bezeichnet [97]); in der Spalte B ist angegeben, wie oft jeder Wind wehen muß, wenn es bei ihm ein Mal regnen soll.

---

95) Gräme bei Hutton in Edinb. Trans. I, 81.

96) Buch l. l. p. 95.

97) Gasparin (Bibl. univ. XXXVIII, 180) hat eben solche Zusammenstellungen für viele Orte von Europa vorgenommen; meistens benutzt er nur Beobachtungen weniger Jahre, seine Zahlen weichen daher bedeutend von den meinigen ab; darauf, wie oft jeder Wind im Allgemeinen weht, nimmt er gar keine Rücksicht.

	la Rochelle [98])		Copenhagen [99])		Mannheim [100])		Würzburg [1])	
	A	B	A	B	A	B	A	B
N	6,0	11,1	4	14,3	6,8	6,1	6,4	8,3
NO	8,3	22,4	7	14,3	5,8	8,4	3,8	11,2
O	4,7	8,7	11	12,5	7,4	6,3	6,2	8,9
SO	3,6	5,9	8	8,3	13,3	3,3	8,9	5,3
S	12,9	5,2	14	6,4	14,9	2,7	16,2	4,4
SW	47,4	4,0	29	6,3	23,3	2,7	24,9	4,1
W	10,4	6,3	21	7,7	16,2	2,9	23,0	5,4
NW	6,7	8,6	6	12,6	12,3	4,6	10,6	6,8

	München [2])		Prag [3])		Erfurt [4])		Moscau [5])	
	A	B	A	B	A	B	A	B
N	4,7	6,3	7,3	4,3	7,2	8,5	8,5	4,6
NO	2,7	7,2	3,5	9,2	7,7	7,3	11,7	3,5
O	5,7	13,8	2,5	13,5	16,4	9,1	3,9	3,2
SO	1,3	11,6	4,4	12,7	3,7	10,2	17,8	3,2
S	7,5	5,9	9,1	7,8	7,0	7,8	9,4	3,1
SW	28,9	3,2	24,8	5,1	17,7	6,8	23,2	2,8
W	46,3	2,9	23,6	4,3	28,5	5,8	6,4	3,2
NW	2,9	4,9	24,8	3,8	11,8	5,7	19,1	4,4

Im Allgemeinen sind also die westlichen und südlichen Winde diejenigen, bei denen es am häufigsten regnet; eben diesen Einfluß der Windrichtung zeigt auch die herabgefallene Wassermenge.

98) 7jähr. Beob. (1788—89) von Seignette, in den Mannheimer Ephemeriden.

99) 5jähr. Beob. bei Schouw Climatologie I, 79.

100) 12jähr. Beob. (1781—92) von Hemmer, in den Mannh. Ephem.

1) 8jähr. Beob. (1781—88) in den Mannh. Ephem.

2) 11jähr. Beob. (1781—88, 90—92) von Huebpauer und Imhof, in den Mannh. Ephem.

3) 8½ jähr. Beob. (Aug. 1782—Decbr. 1787, 1790—91) von Strnadt, in den Mannh. Ephem. Häufig fehlt die Angabe des Windes im Tagebuche.

4) 8jähr. Beob. (1781—88) von Planer, in den Mannh. Ephem.

5) 7jähr. Beob. (1783—89, 91—92) von Stritter, in den Mannh. Ephemeriden.

In Giengen fielen nach den Beobachtungen von Binder in sechs Jahren (1823—28) auf einen Quadratfuß unter 1000 Kubikzollen folgende Wassermengen [6]:

N	33,3	S	46,1
NO	40,2	SW	231,7
O	20,7	W	476,0
SO	10,1	NW	141,8

Ungeachtet der großen Uebereinstimmung an diesen verschiedenen Orten zeigen sich einige Anomalien: so liegt in Mannheim der Wind, bei welchem es am häufigsten regnet, zwischen S und SW, in Erfurt und Prag ist derselbe nahe NW. Ein Theil dieser Anomalien mag seinen Grund darin haben, daß die Beobachtungen nicht hinreichend lange fortgesetzt sind; um den Einfluß dieser zu entfernen, will ich den mehrmals benutzten Ausdruck hier anwenden. Zählen wir dann die Winde von N durch O an, und bezeichnet R_n die Zahl, wie oft der Wind aus dem nten Punkte der Windrose wehen muß, wenn es bei ihm ein Mal regnen soll, so erhalten wir folgende Ausdrücke:

Copenhagen: $R_n = 10,29 + 4,54 \sin(n.45^\circ + 65^\circ\ 38') + 0,13 \sin(n.90^\circ + 111^\circ\ 48')$

Berlin: $R_n = 5,61 + 2,71 \sin(n.45^\circ + 21^\circ\ 58') + 0,86 \sin(n.90^\circ + 261^\circ\ 38')$

Mannheim: $R_n = 4,62 + 2,66 \sin(n.45^\circ + 52^\circ\ 3') + 0,81 \sin(n.90^\circ + 352^\circ\ 55')$

Würzburg: $R_n = 6,80 + 3,11 \sin(n.45^\circ + 53^\circ\ 13') + 0,89 \sin(n.90^\circ + 333^\circ\ 26')$

München: $R_n = 6,98 + 4,64 \sin(n.45^\circ + 355^\circ\ 20') + 1,89 \sin(n.90^\circ + 216^\circ\ 25')$

Prag: $R_n = 7,59 + 4,91 \sin(n.45^\circ + 339^\circ\ 27') + 1,53 \sin(n.90^\circ + 248^\circ\ 54')$

---

6) Schübler im Correspondenzblatt des Würtemberg. Landwirthsch. Vereins XVI, 148. Es ist nicht angegeben, wie oft es bei jedem dieser Winde regnete.

Erfurt: $R_n = 7{,}65 + 1{,}78 \sin (n \cdot 45^\circ + 243^\circ\, 48')$
$+ 0{,}57 \sin (n \cdot 90^\circ + 142^\circ\, 8')$

Moscau: $R_n = 3{,}50 + 0{,}72 \sin (n \cdot 45^\circ + 97^\circ\, 5')$
$+ 0{,}46 \sin (n \cdot 90^\circ + 135^\circ\, 0')$

Aus diesen Formeln lassen sich nach dem bekannten Verfahren die Punkte der Windrose herleiten, bei denen es am häufigsten und seltensten regnet. Folgende Tafel enthält diese Punkte und zugleich die Zahl, wie oft jeder Wind wehen muß, wenn einmal ein Niederschlag Statt finden soll:

	Regen am seltensten		Regen am häufigsten	
Copenhagen	N 21° O	14,9	S 28° W	5,8
Berlin	N 83 O	9,0	S 35 W	2,9
Mannheim	N 38 O	8,1	S 2 W	2,4
Würzburg	N 48 O	10,7	S 3 W	3,9
München	S 72 O	13,3	S 53 W	2,3
Prag	S 75 O	14,0	N 46 W	3,7
Erfurt	S 47 O	9,7	S 83 W	5,6
Moscau	N 12 W	4,6	SW	3,0

Ungeachtet der großen Aehnlichkeit, welche diese Orte in ihrem Verhalten zeigen, finden wir in dieser Tafel sehr bedeutende Differenzen: manche dieser Anomalien haben ihren Grund gewiß in Localursachen; um aber hier das Allgemeine vom Speciellen zu sondern, würden Vergleichungen dieser Art an sehr vielen Orten erforderlich seyn [7]). So ist in Mannheim der Südwind der feuchteste, aber kaum ist es möglich, daß dort ein anderer Wind viel Wasser bringen könne; die Dämpfe, welche mit westlichen Winden ankommen, werden bereits auf der Westseite der Vogesen niedergeschlagen. Der trockenste Wind liegt aus demselben Grunde in München und Prag zwischen Süden und Osten, weil die süd-

7) „Es würde für die einzelnen Beobachter leicht seyn, auf eine ähnliche Art das Verhältniß zu berechnen, nach welchem sich die Regentage auf die verschiedenen Winde vertheilen: auch ohne Regenmesser würden sich dadurch allgemeine Resultate für die einzelnen Gegenden ableiten lassen." Schübler l. l. S. 150.

lichen Winde auf den Alpen einen Theil ihres Wassers verloren haben; dieselbe Wirkung scheint in Erfurt der Thüringer-Wald hervorzubringen; an allen drei Orten hat sich der feuchteste Wind auf der Westseite des Horizontes weit nach Norden bewegt.

Eine eigene Anomalie zeigt uns Moscau. Berechnen wir nämlich nach dem obigen Ausdrucke, wie oft jeder Wind wehen müsse, wenn es bei ihm ein Mal regnen soll, so erhalten wir folgende Größen:

N	4,5	S	3,1
NO	3,6	SW	2,7
O	3,1	W	3,3
SO	3,3	NW	4,4

Der Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum ist hier sehr unbedeutend; auf dem weiten Wege über das Festland haben die westlichen Winde bereits einen großen Theil ihres Wassers verloren; außerdem finden wir in Moscau zwei Winde, bei denen es vorzugsweise regnet, nämlich O und SW, jedoch letzteren vorherrschend. Den Grund dieser Anomalien glaube ich darin suchen zu dürfen, daß sich in Moscau zwei Climate vermischen, das schwedische und das eben betrachtete deutsche[8]). Wenn nämlich die vom Meere kommenden SW- und W-Winde den hohen Kamm der scandinavischen Alpen erreichen, schlägt sich das Wasser auf dem westlichen Abhange von diesen nieder, und eben diese Westwinde, die sich in Norwegen durch reichlichen Regen auszeichnen, sind in Schweden und Finnland ungemein trocken. Dieses beweisen die Größen in folgender Tafel, wo die beiden Verticalspalten dasselbe bedeuten, als in der obigen[9]).

8) Ich habe diese eigenthümliche Anomalie in Rußland und Schweden schon vor mehreren Jahren gefunden; es schien mir wahrscheinlich, daß sich hier von Schweden aus bis in das Innere von Rußland ein allmähliger Uebergang zeigen würde. Da es mir ganz an Beobachtungen aus Rußland fehlte, so ersuchte ich die Kaiserliche Academie zu St. Petersburg um gütige Mittheilung der Journale, welche ihr aus verschiedenen Provinzen des Reichs zugeschickt werden; obgleich mir zugesagt wurde, daß ich diese Beobachtungen bald durch Buchhändler-Gelegenheit erhalten sollte, sind sie bis jetzt noch nicht angekommen.

9) Die Quellen sind dieselben als bei den oben S. 229 u. 230 gegebenen Größen.

	Stockholm		Abo		Ulea		Petersburg	
	A	B	A	B	A	B	A	
N	13,4	2,8	6,0	5,1	14,2	5,2	8,5	3,3
NO	16,7	1,9	14,6	3,5	12,1	4,5	8,5	3,2
O	12,6	2,2	13,1	2,7	15,3	3,9	14,9	3,0
SO	13,2	2,3	20,1	2,1	13,0	4,3	11,7	2,7
S	14,7	2,8	13,5	3,1	22,2	4,5	13,1	2,6
SW	13,0	3,5	17,6	3,8	10,8	5,7	16,0	2,2
W	9,3	6,0	7,8	5,7	7,0	6,6	17,2	2,8
NW	7,1	4,1	7,3	5,8	5,4	7,9	10,1	3,3

Es lassen sich die in der Verticalspalte B enthaltenen Größen durch folgende darstellen:

Stockholm: $R_n = 3{,}20 + 1{,}55 \sin(n.45^\circ + 178^\circ\ 42') + 0{,}65 \sin(n.90^\circ + 247^\circ\ 23')$

Abo: $R_n = 3{,}98 + 1{,}85 \sin(n.45^\circ + 141^\circ\ 31') + 0{,}16 \sin(n.90^\circ + 199^\circ\ 50')$

Ulea: $R_n = 5{,}32 + 1{,}65 \sin(n.45^\circ + 158^\circ\ 28') + 0{,}55 \sin(n.90 + 201^\circ\ 45')$

Petersburg: $R_n = 2{,}89 + 0{,}43 \sin(n.45^\circ + 69^\circ\ 57') + 0{,}15 \sin(n.90^\circ + 168^\circ\ 41')$

Hieraus ergiebt sich

	Regen am seltensten		Regen am häufigsten	
Stockholm	N 83° W	5,4	N 47° O	1,9
Abo	N 50 W	6,0	S 49 O	2,3
Ulea	N 61 W	7,5	N 77 O	3,9
Petersburg	N 12 W	3,3	S 38 W	2,3

Also völlig dem mittleren Europa entgegesetzt sind hier die westlichen Winde die trockensten, die östlichen Winde die feuchtesten. Es scheint, als ob die geringere Temperatur im Innern der Continente Ursache der häufigen Niederschläge bei östlichen Winden sey; zum Theil mag diese Condensation ihren Grund auch darin haben, daß die Dämpfe, die von Osten kommen, an dem öst-

lichen Abhange der scandinavischen Gebirge niedergeschlagen werden. Zeigte uns Stockholm nur diese Anomalie, so könnte man hier eine Einwirkung der Ostsee als Ursache annehmen; daß dieses nicht der Fall sey, zeigen die Orte am östlichen Ufer dieses Binnenmeeres.

Dieser eigenthümliche Gang wird sich wahrscheinlich noch weithin nach Osten zeigen; da wo beide Climate zusammengränzen, wird sich eine eigenthümliche Combination beider zeigen; es giebt vielleicht Punkte, wo ein jeder Unterschied in der Beschaffenheit der Winde verschwindet, wie dieses in Petersburg der Fall ist, und wo es bei jedem gleich häufig regnet. Spuren dieser Combination sind in Moscau nicht zu verkennen.

Wäre die ganze Oberfläche der Erde mit Wasser bedeckt, so würde man im Stande seyn, die Regenmenge, welche an einem Orte jährlich herabfällt, annähernd zu berechnen; man dürfte nur bestimmen, wie viel Wasser daselbst verdunstet, dieses Wasser fällt in der Folge als Regen herab, und die Menge des niedergeschlagenen Wassers würde der des verdunsteten nahe gleich seyn. Da die Größe der Verdunstung von der Temperatur abhängt, letztere ziemlich regelmäßig vom Aequator nach den Polen kleiner wird, so bedarf es nur einiger sorgfältigen Beobachtungen, um die Menge des Regens zu berechnen. Anderson hat diese Berechnung vorgenommen und folgende Größen für die Menge des verdunsteten und herabgefallenen Wassers gefunden [10])

Breite	Regenmenge	Breite	Regenmenge
0°	68″ 7‴,6	50°	23″ 9‴,4
10	64. 5,5	60	17. 6,4
20	55. 5,3	70	13. 7,1
30	44. 2,9	80	11. 5,8
40	32. 9,1	90	10. 10,0

Wenn man diese berechneten Werthe mit den durch Erfahrung gefundenen Regenmengen vergleicht, so findet man sehr bedeu-

10) Ich kenne diese Arbeit nur aus zwei Notizen im Edinburgh Journal of Sc. X, 142, und Baumgartner's Naturlehre S. 716. Die Originalabhandlung steht in der Edinburgh Encyclopaedia unter Hygrometry und Physical Geography.

tende Differenzen, und überhaupt bietet die ganze Meteorologie keinen einzigen Gegenstand dar, welcher sich so wenig zu einer Berechnung eignet, als der vorliegende. Ungleichheiten des Bodens spielen hier eine so bedeutende Rolle, daß es sehr schwer wird, ihren Einfluß in Anschlag zu bringen, und so kann die Regenmenge in höheren Breiten bedeutend größer seyn, als in niederen. Wir fanden für Madera 26″, für Lissabon 25″, sie steigt hierauf in Penzance in Cornwallis bis zu 27‴ und erreicht zu Bergen in Norwegen die ungeheure Größe von 83″, während das fast in derselben Breite liegende Stockholm etwas mehr als 19″ Regen hat. Ungleichheiten des Bodens von nicht bedeutender Höhe können hier in benachbarten Orten schon eine große Differenz bedingen. So beträgt im westlichen England die jährliche Regenmenge etwa 35″, im mittleren und östlichen Theile der Insel nicht viel mehr als 25″. Indem der SW Wind über die Höhenzüge in England steigt, schlägt sich ein großer Theil des Dampfes auf der Westseite von diesen nieder, und es ist im Osten daher trockener [11]). Das einzige einigermaßen allgemeine Gesetz in Betreff der jährlichen Regenmenge, welches ich in Europa erkannt habe, ist die Abnahme derselben je weiter wir ins Innere des Continentes gehen: ein Gesetz, welches aber schon Hutton vor mehr als 50 Jahren aufstellte [12]).

Da Ofen der östlichste Punkt ist, aus welchem ich Messungen besitze, so will ich statt der Regenmengen die Regentage während des Jahres vergleichen. Die Zahl dieser beträgt in England 160, in Deutschland gegen 150, ist aber in Ofen bereits auf 110 [13]), und in Casan auf 90 [14]) herabgesunken. Aber auch hier zeigen sich Anomalien. Da, wo die Climate von Schweden und Mittel-Europa zusammentreffen, scheint die Zahl wieder größer zu werden. Während es in Abo jährlich an 146 Tagen

---

11) **Hutton** in Edinb. Trans. I, 66.

12) **Hutton** l. l. p. 68.

13) Beobachtungen in den Mannheimer Ephemeriden.

14) **Erdmann** Beiträge zur Kenntniss des Innern von Russland I, 176.

regnet [15]), beträgt die Zahl der Regentage in Petersburg 168 [16]), und erreicht in Moscau die Größe von 205 [17]), obgleich es in Spydberg in Norwegen nach den Aufzeichnungen des aufmerksamen Wilse (in den Mannheimer Ephemeriden) nur an 100 Tagen regnet.

Gehen wir von Rußland aus weiter nach Osten ins Innere von Sibirien, so finden wir die Zahl der Regentage immer abnehmend. Nach 2jährigen Beobachtungen (1771—72) von Wachsmann regnet es in Irkutzk jährlich an 61 Tagen [18]; in Nertschinsk nach 5jährigen Beobachtungen (1768—72) von Sachert jährlich an 54 Tagen, und dabei fällt meistens so wenig Wasser herab, daß die Erde kaum feucht wird [19]); eben so beträgt die Zahl der Regentage in Jakutzk nach den Aufzeichnungen von J. Jslenieff nur 61 [20]).

Der ganzen Untersuchung von Anderson liegt ein Princip zum Grunde, welches zwar häufig schon angewendet, dennoch nicht richtig ist. Es wird vorausgesetzt, daß die Menge des verdunsteten Wassers an einem Orte gleich der Menge des daselbst niedergeschlagenen ist. Hier treffen wir sogleich auf eine große Schwierigkeit: Wie soll die Menge des verdunsteten Wassers gemessen werden? Versuche, welche angestellt wurden, indem man ein mit Wasser gefülltes Gefäß in die Sonne und ein anderes in den Schatten stellte, dann die Verminderung der Wasserhöhe maß, zeigten sehr bedeutende Differenzen. So fand z. B. Humboldt, daß zu Cumana während eines Tages ein in der Sonne stehendes Gefäß eine Wassermenge von $8^{mm},8$ Höhe verlor, während die Verdunstung im Schatten nur $3^{mm},4$ betrug, und er schätzt die Menge des jährlich in dem fast regenlosen Cumana

15) 12jähr. Beob. (1750—61) von Leche, in den Abhand. d. Schwed. Acad. XXIV, 314.

16) 10jähr. Beob. (1783—92) von A. Euler, in den Mannheimer Ephemeriden.

17) 7jähr. Beob. (1785—89, 91—92) von Stritter, in den Mannh. Ehemeriden.

18) Georgi Reise I, 29.

19) Ebend. I, 427—436.

20) Nova Acta Petrop. X, 474.

verdunstenden Wassers zu 130 Zoll [21]). Da nun das meiste offene Wasser der Sonne ausgesetzt ist, so müssen diese Messungen auch dort angestellt werden. Aber auch auf diese Art erfahren wir nie die Menge des verdunsteten Wassers, denn aus dem bewachsenen Boden steigen weit weniger Dämpfe in die Höhe, als aus dem zu diesen Messungen bestimmten Atmidometer. So fand Dalton, daß in England aus dem Boden jährlich 25″ Wasser verdunsteten, in einem daneben befindlichen Blechgefäße betrug diese Größe 44″, also fast das Doppelte [22]). Da die Menge des verdunsteten Wassers außer seiner Wärme zugleich von der Feuchtigkeit der Luft abhängt, so folgt gerade umgekehrt, daß an einem Orte bei derselben Wärme desto mehr Wasser im Atmidometer verschwindet, je weniger es regnet, zumal da in diesem Falle der trockene Boden nur wenige Dämpfe hergiebt und die in der Luft befindlichen entweder von entfernten Meeren herrühren oder mit großer Schnelligkeit aus den vorhandenen Wassersammlungen aufsteigen.

Inseln, welche von großen Meeren umgeben sind, werden daher die einzigen Gegenden seyn, in denen beide Größen gleich sind; je weiter wir uns von den Küsten entfernen, desto größer wird die Menge des verdunsteten Wassers in Vergleich mit dem Niederschlage, und der Unterschied würde noch größer werden, wenn die Winde der höheren Regionen nicht eine große Dampfmenge vom Meere ins Innere des Landes führten. In Europa zeigt uns nur England eine solche Uebereinstimmung. Wir finden dort [23])

	Verdunstetes Wasser	Regenmenge
Liverpool	35″ 8‴,2	35″ 4‴,2
London	23. 9,3	23. 4,8
Hackney-Wick . .	31. 8,2	22. 9,5
Gosport	31. 5,7	27. 10,5
Im Mittel .	30. 7,7	27. 4,2

21) Humboldt Voyage V, 178.

22) Gilbert's Annalen XV.

23) Die Angaben sind aus den in der Folge beim Regen zu erwähnenden Schriften entnommen.

Hier ist also die Menge des verdunsteten Wassers größer als die des herabgefallenen, der ganze Unterschied kann seinen Grund zum Theil in der verschiedenen Höhe der Instrumente über dem Boden haben. Die Differenz wird schon größer im westlichen und nördlichen Frankreich und in Holland. Hier finden wir

	Verdunstetes Wasser		Regenmenge	
Bourdeaux	59″	1‴,4	24″	2‴,7
Breda	23.	2,8	24.	8,5
la Rochelle	23.	2,7	22.	9,6
Montmorenci . . .	35.	8,7	21.	5,9
Poitiers	38.	7,0	22.	2,2
Rotterdam	23.	0,7	21.	2,7
St. Maurice le Girard .	27.	4,5	23.	1,5
Troyes	29.	9,4	22.	4,7
Sparendam	81.	7,4	31.	6,9
Im Mittel . . .	32.	5,0	23.	8,9

Gehen wir von hier gegen das Mittelmeer, so nimmt die Menge des verdunsteten Wassers schnell zu, sie beträgt in Marseille 85″ 7‴,3, wähend das Regenwasser nur eine Höhe von 21″ 10‴,6 erreicht, und ein solches Verhältniß scheint in Deutschland Statt zu finden; die jährliche Regenmenge beträgt in Mannheim 21″ 0‴,1, während die Höhe des verdunsteten Wassers bis zu 73″ 0‴,1 steigt [24]).

Obgleich es uns aus dem Innern von Europa und Asien ganz an Messungen fehlt, welche das Verhältniß zwischen Regen und Verdunstung numerisch erkennen lassen, so deuten doch einige Erscheinungen darauf, daß die Differenz beider dort immer größer werde. Das caspische Meer nebst seinen Zuflüssen muß einen großen Theil des Dampfes zu den Niederschlägen jener Gegenden hergeben; die Wassermasse ist klein, die Regen werden nicht sehr bedeutend, die Atmosphäre bleibt trocken, und daher werden

24) Obgleich es mir am naturgemäßesten scheint, die Quellen aus einer Infiltration abzuleiten, so muß ich doch gestehen, daß Dalton's bekannte Berechnung, auf welche man bei dieser Untersuchung ein besonderes Gewicht legte, durch das Obige ihre ganze Beweiskraft verliert.

Flüsse und Seen desto stärker verdunsten. Die in der Nähe der Ostsee entspringende Wolga, deren Zuflüsse zum Theil noch von den Dämpfen des atlantischen Meeres gespeist werden, hat ein Flußgebiet von mehr als 30000 Quadratmeilen; werden der Ural und die übrigen Zuflüsse nur zu 5000 Meilen gerechnet, so erhält dieses Binnenmeer alles Wasser von einer Fläche von 35000 Meilen. Nichts desto weniger fließt es nicht nur nicht über, seine Oberfläche liegt bedeutend unter dem Niveau des Meeres und sein großer Salzgehalt nebst geologischen und historischen Untersuchungen scheinen die mehrmals aufgestellte Hypothese einer großen Säcularverminderung des Wassers in diesem Becken sehr wahrscheinlich zu machen. In das benachbarte schwarze Meer strömt die Donau mit einem Flußgebiete von 4500 Meilen, und die ganze Fläche, von welcher dieses Becken sein Wasser erhält, beträgt gewiß keine 25000 Meilen, aber dennoch strömt das Wasser mit Lebhaftigkeit durch die Straße bei Constantinopel in das Mittelmeer.

Daß in Wüsten gar kein Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen sey, bedarf wohl kaum eines Beweises. In der Sahara würde jährlich vielleicht eine Wassermenge von 200 Zoll aus dem Atmidometer verschwinden, während die Regenmenge als Null angesehen werden kann.

So ungleich auch die Regen im Jahre vertheilt zu seyn scheinen, so zeigen mehrjährige Erfahrungen doch bald ein ziemlich regelmäßiges Verhältniß der Wassermengen in den einzelnen Jahreszeiten; die Größen, welche man auf diese Art erhält, sind an benachbarten Orten, ungeachtet der durch Localursachen bedingten Verschiedenheit der absoluten Regenmenge, sehr nahe gleich; eben so hat die verschiedene Höhe des Udometers über dem Boden hierauf keinen bedeutenden Einfluß. Dalton stellte über diese Vertheilung eine Untersuchung an. Indem er die Regenmengen an verschiedenen Orten von England und Frankreich in den einzelnen Monaten verglich, fand er, daß October der reichste, März oder April der an Regen ärmste Monat sey [25]; aber diese Regel

25) Annals of philosophy XV, 257.

gilt nur für England und die von ihm benutzten Punkte von Frankreich (Paris und Viviers), und ist nicht allgemein gültig. Weit genügender ist das Resultat, zu welchem L. v. Buch durch seine Untersuchungen gelangte [26]). Er unterschied das Verhalten der Regen im südlichen und mittleren Europa und gab für jenen Theil ein Gesetz an, welches uns die folgenden Beobachtungen für das südliche Frankreich und einen Theil Italiens vollkommen bestätigen werden.

Eine sehr ausführliche Arbeit über den Gang des Regens in Europa hat neuerdings Gasparin mitgetheilt [27]), und es würde mir ohne diese treffliche Untersuchung kaum möglich gewesen seyn, die folgende Darstellung zu entwerfen. Um die Vertheilung des Wassers im Jahre zu bestimmen, bezeichnet er die ganze herabgefallene Regenmenge mit 100 und sieht die in den einzelnen Jahreszeiten gefundenen Größen als aliquote Theile hievon an. Indem er vorzugsweise die Regenmengen im Sommer und Herbste berücksichtigt, glaubt er Europa in zwei Regionen theilen zu dürfen, in die Region der Sommer- und in die Region der Herbst-Regen. In der ersten ist die herabfallende Wassermenge im Sommer größer als im Herbste, in der zweiten findet das Gegentheil Statt; jene liegt im nordöstlichen, diese im südöstlichen Theile von Europa. Die Region der Herbstregen erstreckt sich bis zum Atlas in Africa, erreicht die Cataracten des Nils und schließt zugleich Habesch und Dar-Fur in sich. In Großbritannien findet eine Art von Gleichgewicht zwischen beiden Regionen Statt, jedoch sind im Allgemeinen die Herbstregen vorwaltend; nur da, wo eine Gebirgskette die Ankunft des feuchten SW Windes verhindert, rückt der Ort sogleich in die Region der Sommerregen. Deutschland, durch die Küsten Englands vor diesen Winden geschützt, gehört in eben diese Region; Paris liegt etwa an der Gränze beider Regionen in Frankreich.

So genügend auch dieses Resultat durch die Art bewiesen wird, wie der Verfasser die Beobachtungen zusammenstellt, so muß das angegebene Gesetz doch bedeutend modificirt werden. Nicht

---

26) Physic. Beschr. der canarischen Inseln S. 66. Poggendorff's Annalen XV, 355.

27) Biblioth. univ. XXXVIII, 54. 113. 180. 264.

Nicht wie es oben (S. 129) angegeben ist, und nicht wie es die besseren Meteorologen schon längst gethan haben, rechnet er die Monate Junius, Julius und August zum Sommer, sondern er nimmt dazu Julius, August und September. Wenn wir die richtigere Eintheilung zum Grunde legen und die Regen in dem Theile von Europa untersuchen, welcher nördlich von den Pyrenäen, den Gebirgen der Auvergne und den Alpen liegt, so finden wir nur in England und in geringer Entfernung von den Küsten vorherrschende Herbstregen; so wie wir tiefer landeinwärts gehen, treten die Sommerregen immer entschiedener hervor. Der gegen Africa gerichtete Theil von Europa bildet eine eigene climatische Gruppe, in welcher der Gang des Regens völlig von dem im übrigen Theile abweicht und mit dem in Portugal betrachteten Aehnlichkeit hat. Schließen wir diesen Theil zunächst von unserer Betrachtung aus, so erkennen wir außer dem von Gasparin gegebenen Resultate noch ein anderes wegen seiner Folgerungen sehr wichtiges Gesetz. Werden die im Winter und Sommer herabgefallenen Regenmengen mit einander verglichen, so finden wir eine ziemlich regelmäßige Aenderung in dem Verhältnisse zwischen den Regenmengen beider Jahreszeiten. In England fällt im Winter eben so viel Regen herab, als im Sommer; je tiefer wir landeinwärts gehen, desto geringer wird der Niederschlag im Winter, desto größer im Sommer.

In den folgenden Tafeln sind die Regenmengen an verschiedenen Orten mitgetheilt; die neben den einzelnen Jahreszeiten stehenden Größen sind Prozente der jährlichen Regenmenge.

Westliches und südliches England.

Monat	Insel Man[28])		Penzance[29])		Bristol[30])		Liverpool[31])		Manchester[32])	
Januar	2''	6''',0	3''	4''',2	1''	3''',5	2''	3''',8	2''	2''',8
Februar	2.	4,5	2.	9,2	1.	0,1	1.	11,0	2.	4,9
März	2.	5,6	2.	11,9	1.	8,7	1.	5,1	1.	11,6
April	2.	5,2	1.	6,2	1.	1,2	1.	11,3	1.	10,6
Mai	1.	5,2	2.	7,6	2.	4,6	2.	5,1	2.	8,6
Junius	1.	8,4	1.	10,3	1.	2,5	2.	7,0	2.	4,2
Julius	1.	10,7	2.	4,4	2.	10,2	3.	3,3	3.	5,6
August	3.	3,4	2.	9,9	1.	0,0	3.	0,9	3.	5,3
Septbr.	2.	11,7	2.	10,1	0.	9,2	3.	8,9	3.	0,9
October	4.	5,6	4.	6,9	3.	1,9	3.	6,3	3.	8,1
Novbr.	4.	8,2	4.	1,7	3.	2,3	3.	4,5	3.	1,8
Decbr.	4.	7,5	4.	10,9	2.	0,1	2.	9,4	3.	7,1
Jahr	34.	10,0	36.	9,2	21.	10,3	32.	4,6	33.	10,8
Winter	27,3		29,9		20,5		21,6		24,0	
Frühling	18,2		19,4		23,8		17,9		20,0	
Sommer	19,7		19,2		23,2		27,6		27,0	
Herbst	34,8		31,5		32,5		32,9		29,0	

Monat	Lancaster[33])		Kendal[34])		Gosport[35])		Dover[36])	
Januar	3''	2''',9	4''	10''',0	2''	6''',7	4''	6''',9
Februar	2.	9,7	4.	8,6	2.	5,6	3.	3,3
März	1.	7,7	3.	1,1	1.	11,7	2.	10,8
April	3.	0,5	2.	9,4	2.	4,2	2.	9,6
Mai	2.	3,7	3.	0,2	2.	4,7	3.	2,3
Junius	2.	4,3	2.	6,1	1.	1,5	2.	1,4
Julius	3.	10,6	4.	3,8	2.	0,2	4.	7,2
August	4.	3,6	4.	7,8	1.	7,3	2.	9,7
Septbr.	3.	6,2	4.	7,3	3.	0,7	3.	4,3
Octbr.	3.	10,7	5.	2,5	2.	8,7	4.	8,4
Novbr.	3.	6,5	4.	10,5	2.	10,2	4.	3,1
Decbr.	3.	8,5	5.	9,6	2.	9,5	5.	6,2
Jahr	37.	3,0	50.	4,9	27.	10,5	44.	1,2
Winter	26,2		30,4		27,7		30,3	
Frühling	16,1		17,6		24,1		20,1	
Sommer	28,3		22,8		17,2		21,6	
Herbst	29,4		29,2		31,0		28,0	

28) 6jähr. Beob. (1824—29) von Stewart im Edinb. Journ. of Sc. V, 231 und N. Ser. II, 249.

29) 8j. B. (1819—27) von Giddy in den Ann. of phil. einzeln mitgetheilt.

30) 4j. B. (1774, 75, 77, 78) von Farr bei Cotte Mem. II, 279.

31) 22j B. 1772—75 von Dobson in Phil. Trans. for 1777. p. 246 u. 18j. B. (1775—92) von Hutchinson bei Dalton in Ann. of phil. XV, 257.

32) 33j. B. (1786—1818) von Dalton u. Walker in Ann. of phil. XV, 257.

33) 20j. B. (1792—1811) von Campbell bei Dalton l. l.

34) 31j. B., nämlich 5 J. 1788—92 von John Dalton, 18 J. von dessen Bruder u. 2 J. von einem andern Beobachter bei Dalton l. l. u. 6j. B. (1824—29) von Marshall in den entsprechenden Jahrgängen vom Phil. Magaz. u. Brewster's Edinb. Journ. of Sc. mitgetheilt.

35) 5j. B. (1816, 18, 19, 20 u. 26) von Burney in den entsprechenden Jahrgängen der Annals of phil.

36) 4j. B. aus den Edinb. Trans. bei Gasparin.

An den meisten der in obiger Tafel enthaltenen Orte haben die Regen im Herbste das Uebergewicht, an wenigen ist die im Winter herabfallende Wassermenge noch etwas größer, keiner aber zeigt vorherrschende Sommerregen. Um den Einfluß von Localitäten zu entfernen, wollen wir das Mittel der relativen Regenmengen in den einzelnen Jahreszeiten nehmen, dann erhalten wir

Winter	26,4 Procent
Frühling	19,7
Sommer	23,0
Herbst	30,9

Die Regenmenge im Sommer verhält sich zu der im Herbste wie 1:1,347, es ist also der Herbstregen ganz der Behauptung Gasparin's gemäß vorherrschend. Nehmen wir dagegen die Regenmenge im Winter als Einheit an, so wird die im Sommer 0,868 [37]).

Diese Verhältnisse ändern sich schon, wenn wir nach dem Innern und östlichen Theile Englands gehen. Hier finden wir folgende Größen:

Monat	Chattsworth [38])		Branxholm [39])		Barrowby [40])		Kinfauns [41])	
Januar	2''	0''',7	2''	1''',8	1''	4''',3	2''	0''',7
Februar	1.	6,6	2.	10,5	1.	6,2	1.	6,2
März	1.	2,9	2.	0,2	1.	0,0	1.	3,5
April	1.	11,4	1.	8,2	1.	4,4	1.	8,5
Mai	1.	11,8	2.	4,4	1.	6,3	2.	3,7
Junius	2.	1,7	2.	0,2	1.	11,7	1.	7,3
Julius	2.	9,8	2.	11,2	2.	9,2	2.	0,9
August	2.	3,4	2.	8,0	2.	3,5	2.	1,8
September	2.	1,8	2.	11,3	3.	4,2	1.	7,6
October	2.	10,6	3.	7,5	2.	5,8	2.	0,8
November	2.	5,6	2.	7,3	2.	2,3	2.	4,8
December	2.	4,9	2.	0,5	1.	11,0	2.	4,2
Jahr	25.	11,4	29.	6,1	23.	8,9	23.	2,0
Winter	23,2		23,9		20,2		25,6	
Frühling	19,9		20,6		16,4		22,9	
Sommer	27,9		24,3		29,6		25,2	
Herbst	28,9		31,1		33,8		26,3	

37) Aus Irland fehlt es mir ganz an mehrjährigen Messungen; es werden beide Verhältnisse hier vielleicht noch etwas größer seyn.
38) In Derbyshire, 16jähr. Beob. (1777—92) bei Dalton l. l.
39) 10jähr. Beob. aus den Edinb. Trans. bei Gasparin.
40) Bei Leeds, 10jähr. Beob. (1772—81) von Lloyd in Phil. Trans. 1782. p. 71.
41) 11jähr. Beob. (1813—21, 25, 27) von Gray, im Januarhefte der Ann. of phil. und Brewster's Journ. of Sc. jährlich mitgetheilt.

Monat	Hackney Wick [42]		Oxford [43]		London [44]		Epping [45]	
Januar	1''	0''',8	0''	11''',5	1''	7''',4	0''	9''',6
Februar	1.	10,5	1.	8,2	1.	5,3	1.	10,8
März	1.	3,5	0.	10,0	1.	8,7	1.	8,2
April	1.	11,6	1.	10,3	1.	7,8	1.	10,2
Mai	2.	3,6	1.	3,4	1.	10,5	2.	0,6
Junius	1.	8,7	0.	8,3	1.	7,3	1.	10,9
Julius	1.	8,6	2.	8,7	2.	1,1	1.	9,1
August	1.	10,0	1.	7,3	1.	9,5	2.	0,8
September	2.	5,2	2.	0,0	2.	1,1	2.	7,8
October	2.	4,6	2.	9,0	2.	7,7	2.	11,7
November	2.	2,5	2.	3,9	2.	4,8	3.	1,7
December	1.	11,9	1.	10,3	2.	5,6	2.	5,6
Jahr	22.	9,5	20.	6,9	23.	4,8	25.	2,5
Winter	21,6		21,9		23,6		20,5	
Frühling	24,4		19,3		22,4		22,1	
Sommer	23,1		24,4		23,5		22,7	
Herbst	30,9		34,4		30,5		34,6	

42) Nahe 10 Jahr (1813—15, 17—24, 26) von Beaufoy einzeln in den Ann. of phil.

43) 2jähr. Beob. (1822—23) von Robertson in Brewster's Edinb. Journ. of Sc. I, 287.

44) 16jähr. Beob. (1812—27) von Howard in den Ann. of phil. monatlich mitgetheilt. Die Bemerkungen von Daniell (Meteorol. Ess. p. XII) haben mich bewogen, die Beobachtungen der Königl. Soc. zu übersehen. 40jähr. Beobachtungen dieser bei Dalton I. 1. geben für den Winter 21, den Frühling 20, den Sommer 29 und den Herbst 30 Procent.

45) 5jähr. Beob. (1822—26) von Squire in Phil. Mag. and Ann. of Phil. N. S. I, 208.

Monat	London [46])	New-Malton [47])	Dumfries [48])	Glasgow [49])	Edinburgh [50])
Januar	1″ 2‴,6	2″ 1‴,5	2″ 10‴,8	1″ 6‴,0	1″ 10‴,6
Februar	1. 1,2	1. 8,1	2. 7,9	1. 7,6	1. 7,2
März	0. 11,9	1. 9,4	2. 0,4	1. 1,3	1. 4,4
April	1. 1,6	2. 3,0	1. 10,7	0. 11,0	1. 5,8
Mai	1. 2,8	2. 9,0	2. 4,9	1. 6,5	1. 9,7
Junius	1. 8,9	2. 0,1	2. 9,5	1. 3,1	1. 6,9
Julius	1. 11,1	2. 0,8	3. 0,7	2. 1,9	2. 3,4
August	1. 8,5	2. 7,2	3. 0,0	2. 6,9	2. 4,9
Septbr.	1. 6,8	2. 2,7	4. 1,0	1. 6,2	2. 1,8
October	1. 7,5	2. 11,2	3. 11,0	2. 1,9	2. 4,5
Novbr.	1. 7,8	2. 10,4	2. 11,7	1. 9,4	2. 5,3
Decbr.	1. 3,0	3. 0,9	2. 11,4	1. 10,3	1. 11,7
Jahr	17. 1,7	28. 4,3	34. 8,0	20. 0,1	23. 4,2
Winter	20,8	24,3	24,6	24,9	23,4
Frühling	19,6	23,9	18,3	17,8	19,9
Sommer	31,3	23,5	25,5	29,9	26,8
Herbst	28,2	28,3	31,6	27,3	29,9

46) In Rutlandshire, 56jähr. Beob. (1726—81) von Barker in den Phil. Trans. for. 1771. p. 221, bis 1771 und späterhin jährlich mitgetheilt.

47) Nahe 9 Jahr (1816—22, 24, 25) von Stockton jährlich in den Ann. of phil.

48) 16jähr. Beob. (1777—93) von Capland bei Dalton l. l.

49) Nahe 18jähr. Beob. (1801—18) von Couper in Ann. of phil. XII, 376. Da das vorliegende Irland die West- und Südwestwinde schon zum Theil ihres Wassers beraubt, so habe ich Dumfries und Glasgow an der Westküste Schottlands mit zur Gruppe des östlichen und innern Englands gerechnet.

50) Nahe 27 J., nämlich 1731—34 in Phil. Trans. for 1742. p. 248; 1771—76 von Macgowan in Edinb. Trans. I, 333; 1795—1804, 1810 u. 11 von Adie im Phil. Mag. XLVII, 79; 1812 von demſ. in Ann. of phil. I, 220 u. 1824—29 von demselben monatlich im Edinburgh Journal of Science.

Bei dem Uebergange von Englands Westküste nach dem Innern des Landes hat nicht blos die absolute Regenmenge abgenommen, auch die Vertheilung des Wassers im Jahre ist eine andere geworden. Zwar ist der Herbst fast allenthalben noch die nasseste Jahreszeit, aber der Regen im Sommer hat zugenommen, die Wassermenge im Winter ist kleiner geworden. Nehmen wir zur Entfernung der Anomalien, die von Localursachen und Unregelmäßigkeiten in einzelnen Jahren herrühren, das Mittel der in obiger Tafel enthaltenen Größen, so ergiebt sich

Winter	23,0 Procent
Frühling	20,6
Sommer	26,0
Herbst	30,4

Die Regenmenge im Sommer verhält sich zu der im Herbste wie 1 : 1,172, die im Winter zu der im Sommer wie 1 : 1,131; an der Westküste fanden wir die Verhältnisse 1 : 1,347 und 1 : 0,868, es haben also hier die Sommerregen ein entschiedenes Uebergewicht über die Winterregen erhalten.

Die gedachten beiden Verhältnisse ändern sich immer mehr, je weiter wir nach Osten gehen, während der Frühling in der ganzen Gruppe der Climate von Mitteleuropa nur eine geringe Oscillation zeigt. Gehen wir nach dem westlichen Theile der Niederlande und Frankreichs, so zeigen die Messungen folgende Verhältnisse:

Westliche Küste der Niederlande und von Frankreich.

Zeit	Bordeaux 51)	la Rochelle 52)	la Vallerie 53)	St. Maurice le Girard 54)	Sparendam 55)
Januar	2'' 5''',2	2'' 4''',8	1'' 8''',5	1'' 3''',7	1'' 0''',0
Februar	1. 10,2	1. 9,3	1. 10,4	3. 2,1	0. 7,7
März	1. 5,1	1. 7,1	1. 5,7	0. 8,0	1. 6,6
April	1. 8,8	1. 6,0	1. 7,5	0. 8,0	2. 9,5
Mai	2. 0,5	1. 8,4	1. 11,0	1. 2,0	2. 0,1
Junius	2. 6,8	1. 5,1	1. 3,0	2. 1,4	1. 7,3
Julius	1. 9,2	1. 8,0	1. 8,8	1. 0,0	5. 2,3
August	1. 7,3	1. 3,1	1. 4,5	1. 5,2	1. 3,2
Septbr.	1. 6,5	2. 3,2	2. 0,1	1. 7,4	3. 4,2
October	2. 4,5	3. 0,7	3. 4,6	3. 5,4	4. 10,2
Novbr.	2. 7,2	2. 11,5	2. 6,2	3. 4,0	4. 6,4
Decbr.	2. 5,3	2. 7,5	2. 10,9	3. 2,3	2. 9,3
Jahr	24. 3,6	24. 2,7	23. 9,2	23. 1,5	31. 6,8
Winter	27,7	28,2	27,3	33,2	14,0
Frühling	21,4	19,7	21,1	10,8	20,1
Sommer	24,1	17,9	18,3	19,7	25,5
Herbst	26,7	34,2	33,3	36,3	40,4

Zeit	Franecker 56)	Rotterdam 57)	Breda 58)	Middelburg 59)	Zwanenburg 60)
Januar	1'' 10''',0	1'' 6''',0	1'' 7''',8	2'' 6''',6	1'' 5''',0
Februar	2. 0,3	1. 0,1	1. 6,4	1. 7,8	1. 6,5
März	1. 6,0	1. 0,9	1. 2,2	1. 6,6	1. 5,3
April	1. 3,6	1. 7,6	1. 1,3	0. 11,1	1. 5,8
Mai	2. 0,0	2. 0,1	2. 1,7	1. 1,4	1. 6,8
Junius	2. 3,5	1. 6,4	1. 10,8	2. 1,6	2. 2,0
Julius	3. 1,7	2. 1,9	2. 9,2	1. 11,4	2. 6,3
August	2. 9,6	2. 6,2	1. 2,8	3. 11,0	3. 0,0
Septbr.	2. 11,0	2. 10,7	3. 1,7	3. 2,8	2. 9,5
October	2. 9,8	2. 0,8	1. 11,3	2. 9,2	2. 10,8
Novbr.	3. 6,3	1. 9,7	3. 5,9	2. 3,2	1. 7,0
Decbr.	2. 4,9	1. 0,0	2. 6,5	1. 4,0	1. 11,3
Jahr	28. 6,7	21. 2,4	24. 7,6	25. 4,7	24. 4,3
Winter	21,9	16,5	23,2	21,8	20,1
Frühling	16,8	22,3	18,0	14,1	18,4
Sommer	28,8	29,3	23,9	31,5	31,6
Herbst	32,5	31,9	34,9	32,6	29,9

51) 66jähr. Beob. 1714—1770 und 76—84 von **Sarreau, Guyot** und **de la Mothe** bei **Cotte** Mém. II, 271.

52) 17jähr. Beob. (1777—93) von **Seignette** und **Fleuriau de Bellevue** in den Annales de chimie XLII, 361.

53) 5 Lieues in NO von la Rochelle, 18jähr. Beob. (1810—27) von **de Monroy** ibid.

54) 12 Lieues vom Meere, 10jähr. Beob. (1776—85) von **Gallot** bei **Cotte** Mém. II, 537.

55) 4j. B. (1777—80) von **Engelmann** bei **Cotte** Mém. II, 556.

56) 13jähr. Beob. (1771—83) von **van Swinden** bei **Cotte** Mém. II, 358.

57) 5j. B. 1779—83) von **van Srouten** bei **Cotte** Mém. II, 530.

58) 5jähr. Beob. (1777—81) von **Hell** bei **Cotte** Mém. II, 274.

59) 4jähr. Beob. aus den Mannh. Ephem. bei **Gasparin**.

60) 44jähr. Beob. (1736—79) bei **Cotte** Mém. II, 613.

Als Mittel ergiebt sich aus den in obiger Tafel enthaltenen Größen

Winter	23,4 Procent
Frühling	18,3
Sommer	25,1
Herbst	33,3

Es verhält sich die Regenmenge im Winter zu der im Sommer wie 1 : 1,071, die im Sommer zu der im Herbste wie 1 : 1,327; beide Verhältnisse liegen also etwa in der Mitte zwischen den gleichartigen in beiden Theilen von England, sie ändern sich mehr oder weniger, je nachdem der Ort von westlicher liegenden Ländern geschützt ist, oder nicht.

Der übrige Theil von Frankreich zerfällt in zwei völlig verschiedene Gruppen von Climaten. Der nördliche Theil erhält seinen Regen vorzugsweise vom atlantischen Meere; die Pyrenäen dagegen verhindern die Ankunft der feuchten SW Winde nach dem südlichen Theile, das Mittelmeer giebt den Dampf zu den Regen in dieser Gegend. Völlig abweichend ist die Vertheilung der Niederschläge in diesen Regionen; wenn wir das Rhonethal aufwärts steigen, so vereinigen sich beide, aber noch in Genf vermögen wir Spuren vom Clima des Mittelmeeres zu erkennen. Ich schließe daher das südliche Frankreich zunächst gänzlich aus, rechne die vorliegende Gruppe von Orten bis zum Rheine und ziehe als südliche Gränze eine Linie nordöstlich von Bordeaux bis in die Nähe von Orleans und von dort östlich bis zum Rheine, und will diese Region, welche das Innere von Holland und die preußischen Rheinprovinzen zum Theil in sich schließt, die west-rheinische nennen.

Westrheinische Gruppe.

Zeit	Poitiers 62)	Paris 63)	Montmorenci 64)	Brüssel 65)
Januar	1'' 4''',6	1'' 4''',8	1'' 9''',0	0'' 9''',5
Februar	1. 1,2	1. 6,1	1. 5,6	1. 1,8
März	0. 8,2	1. 0,2	1. 8,0	1. 4,8
April	1. 11,4	1. 11,6	1. 3,0	1. 3,4
Mai	1. 9,4	2. 2,6	2. 4,3	1. 6,8
Junius	2. 10,4	2. 3,2	2. 4,2	1. 10,9
Julius	1. 10,8	2. 2,2	2. 1,4	1. 10,3
August	2. 2,3	1. 10,8	1. 9,0	1. 8,9
Septbr.	2. 7,8	1. 10,4	1. 10,6	2. 0,1
October	1. 6,8	1. 4,4	1. 7,5	1. 6,1
Novbr.	2. 4,0	1. 8,8	1. 9,6	1. 3,3
Decbr.	1. 9,3	1. 4,7	1. 4,9	1. 4,9
Jahr	22. 2,0	20. 9,8	21. 5,9	17. 10,8
Winter	19,2	20,7	21,5	18,7
Frühling	19,9	25,0	24,9	23,7
Sommer	31,4	30,5	28,9	30,7
Herbst	29,5	23,8	24,7	26,9

Zeit	Berg St. Vinoix 66)	Cambray 67)	Metz 68)	Troyes 69)
Januar	1'' 9''',9	0'' 10''',2	2'' 0''',9	1'' 8''',2
Februar	1. 7,1	0. 5,0	1. 8,0	0. 11,2
März	1. 10,2	0. 8,1	1. 5,2	1. 1,5
April	1. 0,4	1. 1,4	2. 8,3	2. 0,0
Mai	1. 5,8	1. 8,5	2. 9,0	3. 0,2
Junius	2. 0,0	1. 8,0	1. 9,0	2. 2,5
Julius	2. 2,1	2. 3,1	2. 0,7	2. 0,3
August	2. 4,1	1. 7,3	2. 2,6	2. 0,8
Septbr.	2. 1,0	1. 7,3	3. 2,5	1. 8,5
October	2. 2,8	1. 9,2	1. 8,6	0. 11,7
Novbr.	2. 0,2	1. 7,0	3. 5,7	3. 0,9
Decbr.	3. 3,7	0. 9,4	2. 1,5	1. 6,9
Jahr.	23. 11,3	1 . 0,5	27. 3,0	22. 4,7
Winter	28,1	13,8	21,6	18,7
Frühling	18,2	21,9	25,2	27,4
Sommer	27,2	33,4	21,1	28,1
Herbst	26,5	30,9	31,1	25,8

62) 10jähr. Beob. (1776—86) von de la Mezière bei Cotte Mém. II, 510.
63) 63jähr. Beob. bis 1827 bei Gasparin.
64) 15jähr. Beob. (1768—82) von Cotte in seinen Mém. II, 456.
65) 5jähr. Beob. aus den Mannh. Ephem. bei Gasparin.
66) 4jähr. Beob. (1722—25) von Guillin bei Cotte Mém. II, 257.
67) 8jähr. Beob. (1777—84) von Trécourt bei Cotte Mém. II, 293.
68) 7jähr. Beob. (1779—85) von le Gaux und Laurjan bei Cotte Mém. II, 425.
69) 6jähr. Beob. 1779—84) von le Boutiller und Rondeau bei Cotte Mém. II, 577.

Zeit	Mühlhausen [70]	Strasburg [71]	Hagenau [72]	Coblenz [73]
Januar	2'' 0''',3	1'' 3''',2	2'' 1''',2	1'' 1''',1
Februar	1. 11,1	1. 4,4	1. 4,8	0. 8,2
März	1. 3,3	1. 6,2	1. 8,3	1. 7,1
April	3. 3,1	1. 5,9	1. 9,0	1. 5,6
Mai	2. 11,7	3. 0,4	1. 10,5	1. 11,3
Junius	3. 2,4	3. 0,1	2. 8,5	2. 4,0
Julius	1. 9,5	3. 2,3	1. 1,2	2. 5,5
August	3. 1,4	2. 5,7	3. 2,2	2. 6,1
Septbr.	1. 9,2	2. 7,6	3. 0,0	2. 2,7
October	2. 3,6	1. 11,2	1. 9,5	1. 2,9
Novbr.	3. 3,3	2. 1,7	3. 3,3	1. 8,4
Decbr.	1. 5,9	1. 5,6	1. 2,1	1. 7,0
Jahr	28. 4,3	25. 6,8	25. 0,6	20. 9,9
Winter	19,2	16,0	18,7	16,2
Frühling	26,4	23,6	21,2	24,0
Sommer	28,5	34,1	28,0	35,0
Herbst	25,9	26,3	32,0	24,8

An den meisten Orten hat bereits der Sommerregen das Uebergewicht über den Niederschlag im Herbste, und Metz ist der einzige Ort, wo sich eine bedeutende Anomalie zeigt, die vielleicht bei länger fortgesetzten Messungen verschwinden würde. Als Mittel erhalten wir

Winter	19,5 Procent
Frühling	23,4
Sommer	29,8
Herbst	27,3

Es verhält sich hier die Regenmenge im Sommer zu der im Herbste wie 1 : 0,917; die im Winter zu der im Sommer wie 1 : 1,54.

In Deutschland, welches im Süden von hohen Bergketten durchzogen wird, während sein nördlicher Theil sich in eine flache Ebene verläuft, würden Messungen an vielen Orten mehrere untergeordnete Gruppen zeigen, in denen wir zwar im Ganzen ein Uebergewicht der Sommerregen treffen würden, Localursachen

---

70) 6jähr. Beob. 1779—84) von Meyer bei Cotte Mém. II, 469.

71) 16jähr. Beob. (1806—20 u. 24) von Herrenschneider in der Zeitschrift für die gesammte Meteorologie Bd. I. No. 8 und No. 17.

72) 5jähr. Beob. (1780—84) von Keller bei Cotte Mém. II, 377.

73) 11jähr. Beob. (1819—29) von Mohr, MS.

würden aber mehr oder weniger bedeutende climatische Differenzen erzeugen. Eine Vergleichung der vorhandenen Messungen nebst dem Gange aller übrigen meteorologischen Erscheinungen dürfte hier außer der Differenz des östlichen und westlichen Deutschlands folgende drei Hauptgruppen zeigen: die der norddeutschen Ebene, die von Böhmen und die von Würtemberg und Baiern, letztere mit mehreren Abstufungen in verschiedenen Höhen über dem Meere. Mangel an hinreichenden Messungen verhindert mich an der Anstellung dieser Untersuchung, deshalb will ich ganz Deutschland zusammenfassen [74]).

Deutschland.

Monat	Mannheim [75])	Carlsruhe [76])	Stuttgart [77])	Tübingen [78])
Januar	1″ 6‴,4	1″ 5‴,0	1″ 1‴,5	1″ 2‴,5
Februar	1. 0,8	1. 8,0	1. 10,2	0. 10,8
März	1. 3,9	1. 9,4	1. 3,6	1. 4,5
April	1. 9,7	1. 7,2	1. 4,3	1. 3,1
Mai	1. 10,1	2. 2,2	2. 0,6	2. 5,8
Junius	2. 6,3	2. 4,0	3. 2,4	3. 1,8
Julius	2. 3,6	2. 11,8	2. 0,4	3. 2,7
August	2. 0,2	2. 4,2	2. 8,5	3. 1,9
Septbr.	2. 0,5	2. 1,2	2. 7,4	2. 2,5
October	1. 10,3	1. 11,8	1. 10,0	1. 10,3
Novbr.	1. 5,3	2. 1,9	1. 10,4	1. 8,2
Decbr.	1. 3,0	2. 2,3	1. 9,7	1. 4,7
Jahr	21. 0,1	24. 9,0	23. 9,0	23. 10,8
Winter	18,3	21,3	20,1	14,7
Frühling	23,7	22,5	19,8	21,4
Sommer	32,6	31,0	33,5	39,9
Herbst	25,4	25,2	26,6	24,0

74) Eine ähnliche Zusammenstellung giebt Schübler in der Encyclop. der Landwirthsch. IX, 132.

75) 12jähr. Beob. (1781—92) von Hemmer in den Mannheimer Ephemeriden.

76) 23jähr. Beob. (1801—23) von Böckmann, mitgetheilt von Dr. Eisenlohr, MS.

77) 10jähr. Beob. (1807—11, 25—29), mitgetheilt von Schübler, MS.

78) 10jähr. Beob. (1819—29) im botan. Garten, mitgetheilt von Schübler, MS.

Monat	Giengen [79]	Ulm [80]	Genkingen [81]	Würzburg [82]
Januar	1″ 7‴,1			1″ 5‴,0
Februar	1. 1,1			1. 6,3
März	1. 4,8			1. 5,9
April	1. 4,1			1. 1,2
Mai	3. 0,9			1. 3,0
Junius	3. 6,7			1. 7,1
Julius	2. 10,0			1. 2,3
August	3. 2,9			1. 2,4
Septbr.	2. 1,1			1. 2,9
October	1. 9,4			0. 10,9
Novbr.	2. 1,6			1. 0,1
Decbr.	1. 4,1			0. 10,6
Jahr	25. 5,8	25. 1,9	55. 5,7	14. 0,7
Winter	15,8	21,3	17,3	25,8
Frühling	22,8	19,5	27,0	25,9
Sommer	37,8	36,6	32,9	26,9
Herbst	23,6	22,6	22,7	21,4

Monat	Regensburg [83]	Tegernsee [84]	Andex [85]	Peißenberg [86]
Januar	1″ 3‴,2	2″ 2‴,7	2″ 6‴,0	0″ 10‴,0
Februar	1. 2,1	3. 9,3	1. 4,9	0. 11,0
März	1. 0,3	2. 5,1	2. 2,2	0. 9,5
April	0. 11,4	2. 4,1	2. 0,0	1. 0,5
Mai	1. 8,9	3. 4,2	2. 0,2	2. 6,4
Junius	2. 5,1	6. 9,8	4. 4,7	3. 4,8
Julius	3. 2,4	6. 8,0	3. 5,0	3. 6,8
August	2. 9,8	6. 0,4	4. 0,3	2. 10,3
Septbr.	1. 11,7	3. 5,4	1. 3,5	1. 7,8
October	1. 5,4	3. 6,0	1. 3,8	1. 4,6
Novbr.	1. 4,8	1. 11,6	1. 4,4	0. 10,0
Decbr.	1. 7,7	1. 11,1	1. 4,9	0. 11,1
Jahr	21. 0,8	43. 9,6	27. 3,9	20. 8,3
Winter	19,3	16,4	19,5	12,9
Frühling	17,7	18,5	22,7	20,7
Sommer	40,1	44,7	43,3	47,7
Herbst	22,9	20,4	14,5	18,7

79) 7jähr. Beob. von Binder bei Schübler in der Encyclopädie der Landwirthschaft IX, 132.

80) 6jähr. Beob. von Algower bei Schübler l. l. nur nach den Jahreszeiten mitgetheilt.

81) 5jähr. Beob. von Klemm ibid.

82) 7jähr. Beob. (1781—83, 85—88) von Egel in den Mannheimer Ephemeriden.

83) 24 J. von Heinrich, 8 J. in den Mannh. Ephem. bei Gasparin, und 16 J. (1808—23) in Gehlen's und Schweigger's Journal, monatlich mitgetheilt.

84) 8jähr. Beob. aus den Mannh. Ephem. bei Gasparin.

85) 5⅔jähr. Beob. (Mai 1781—Dec. 86) von Kettel in den Mannh. Ephemeriden.

86) 10jähr. Beob. aus den Mannh. Ephem. bei Gasparin.

Monat	Augsburg[87])	Göttingen[88])	Erfurt[89])	Sagan[90])	Prag[91])
Januar	2'' 4''',8	1'' 2''',5	0'' 6''',3	0'' 11''',7	0'' 5''',6
Februar	2. 1,2	1. 7,6	0. 10,0	1. 1,1	1. 2,2
März	2. 3,5	1. 5,6	0. 6,7	1. 0,1	0. 8,0
April	1. 9,0	1. 9,0	0. 11,3	0. 11,1	0. 9,3
Mai	4. 4,6	1. 4,3	1. 2,7	1. 0,0	2. 1,5
Junius	4. 0,0	2. 5,1	1. 2,0	1. 10,1	0. 5,4
Julius	4. 11,4	3. 1,0	1. 9,7	2. 2,2	1. 3,7
August	3. 11,7	3. 5,1	2. 2,2	1. 10,0	3. 6,3
Septbr.	3. 4,8	2. 8,6	1. 1,2	1. 1,8	1. 4,4
October	3. 4,3	2. 0,2	0. 10,5	1. 5,2	1. 5,3
Novbr.	2. 10,4	2. 0,8	0. 9,1	1. 1,5	1. 8,9
Decbr.	2. 2,6	1. 8,9	0. 7,1	1. 2,9	0. 4,1
Jahr	36. 8,3	24. 10,7	12. 6,8	15. 9,7	15. 4,7
Winter	18,3	18,4	15,5	20,9	12,9
Frühling	23,0	18,1	21,7	18,5	23,2
Sommer	35,2	35,9	41,0	37,1	24,3
Herbst	23,5	27,6	21,8	23,5	29,6

Bedeutend vorherrschend sind die Sommerregen in Deutschland, während Herbst- und Winterregen kleiner geworden sind. Die einzige bedeutendere Anomalie zeigt uns Würzburg; daß nicht Rechnungsfehler Ursache davon sind, geht daraus hervor, daß Gasparin's Zusammenstellung bis auf unbedeutende Unterschiede für die einzelnen Monate dieselben Regenmengen giebt. Es muß daher der Entscheidung künftiger Beobachter überlassen bleiben, ob Localursachen jene Anomalie hervorbringen, oder ob sich nur die Jahre, in denen die Messungen angestellt wurden, durch einen anomalen Gang an diesem Orte auszeichneten. Nehmen wir das Mittel aus sämmtlichen in obiger Tafel mitgetheilten Verhältnissen, so ergiebt sich

Winter	18,2 Procent
Frühling	21,6
Sommer	37,1
Herbst	23,2

Hiernach verhält sich der Sommerregen zum Herbstregen wie 1 : 0,625, der Winterregen zum Sommerregen wie 1 : 2,042.

87) 14jähr. Beob. von Stark bei Schübler l. l.

88) 4jähr. Beob. (1783—85, 87) von Gatterer in den Mannheimer Ephemeriden.

89) 7jähr. Beob. aus den Mannh. Ephem. bei Gasparin.

90) 12jähr. Beob. (1781—92) von Preus in den Mannh. Ephem.

91) 4jähr. Beob. von Strnadt aus den Mannh. Ephemeriden bei Gasparin.

So haben wir im mittleren Europa eine successive Aenderung der Regenverhältnisse erkannt. Wir finden nämlich

	Sommer zu Herbst	Winter zu Sommer
Westliches England . . .	1 : 1,347	1 : 0,868
Oestliches England . .	1 : 1,172	1 : 1,151
Westliches Frankreich . .	1 : 1,327	1 : 1,071
Westrheinische Gruppe .	1 : 0,917	1 : 1,540
Deutschland	1 : 0,625	1 : 2,042

Der Grund dieses Ueberganges liegt in der Richtung der Regenwinde und in der Temperaturdifferenz zwischen dem Meere und dem Innern des Festlandes im Sommer oder im Winter. Wenn die SW Winde mit Dämpfen geschwängert im Winter die Küsten des Festlandes erreichen, so treffen sie bald auf kältere Luftschichten, ein Theil ihrer Dämpfe wird condensirt, daher reichliche Winterregen in der Nähe der Küste. Diese Regen scheinen in einer Höhe gebildet zu werden, welche kleiner ist, als diejenige, in welcher die Wolken gewöhnlich ziehen, zumal da die Luft in derselben Höhe bei der niedrigen Temperatur des Winters weniger Dämpfe enthält, als im Sommer. Kommen eben diese Winde im Sommer in das wärmere Festland, so können ihre Dämpfe weiter landeinwärts ziehen, die Wolken schweben im Allgemeinen weit höher als im Winter, und geringe Ungleichheiten des Bodens vermögen nicht so leicht Niederschläge zu erzeugen. Daher finden wir auch, daß in derselben Gegend die Sommerregen desto überwiegender werden, je weiter wir uns vom Boden entfernen; ein Theil der Winterregen entsteht schon unter den höher liegenden Punkten. Würtemberg und Baiern haben im Allgemeinen denselben Charakter der Jahreszeiten, aber dieser ändert sich mit der Höhe. Theilen wir die Orte beider Reiche in zwei Gruppen, deren erste sämmtliche Orte unter, die zweite über 2000 Fuß Meereshöhe enthält, so gehören zu jener Stuttgart (847'), Tübingen (1010'), Regensburg (1043'), Ulm (1432') und Augsburg (1464'); zu dieser Tegernsee (2263'), Ander (2282'), Genkingen (2400') und Peißenberg (3087'). Nehmen wir die mittleren Regenverhältnisse in beiden Gruppen, so erhalten wir

	Unter 2000 Fuß.	Ueber 2000 Fuß.
Winter . . .	18,2 Procent	16,5 Procent
Frühling . . .	20,7	22,2
Sommer . . .	37,2	42,2
Herbst . . .	23,8	19,1

Das Verhältniß der Winterregen zu den Sommerregen ist an den tiefern Punkten 1 : 2,04; in der Höhe verwandelt es sich in 1 : 2,555. Diese Differenz hat ihren Grund vorzüglich in den reichen Niederschlägen im Sommer, während die Höhen des Regenwassers im Winter oben und unten nahe gleich sind. Da die Gebirgsgegenden aber stets reichlichere Niederschläge bedingen, so müssen wir annehmen, daß die Wolken im Winter nicht so hoch ziehen, widrigenfalls das Verhältniß mit der Höhe ungeändert bleiben müßte.

Sind Orte durch vorliegende Höhenzüge vor der Ankunft der feuchten SW Winde geschützt, so treten die Verhältnisse noch weit auffallender hervor; Erfurt, wo der Regenwind fast mit West zusammenfällt, hat wenig Regen, aber der Thüringer Wald ist Ursache, daß die Regenmenge im Sommer drei Mal (2,64 Mal) größer ist, als die im Winter, und Prag, welches von allen Seiten nur Wolken erhalten kann, die über mehr oder weniger hohe Bergketten gegangen sind, zeigt dasselbe Verhältniß.

Das Continental-Clima unterscheidet sich also in Beziehung auf den Regen dadurch vom See-Clima, daß in jenem die Sommerregen die vorherrschenden sind. Es würde interressant seyn, dieses Verhältniß weiter ins Innere von Europa zu verfolgen, mir sind aber nur Messungen aus Petersburg, Abo und Ofen bekannt; die später zu betrachtende Vertheilung der Regentage wird es wahrscheinlich machen, daß diese starke Zunahme der Sommerregen noch bis ins Innere von Sibirien Statt findet.

Inneres Europa.

Monat	Petersburg [92])		Abo [93])		Ofen [94])	
Januar	0″.	8‴,4	1″	4‴,0	1″	2‴,2
Februar	0.	8,9	1.	5,0	0.	7,9
März	0.	9,5	1.	7,6	1.	7,6
April	1.	0,7	1.	5,0	1.	1,7
Mai	1.	3,8	1.	4,4	1.	3,4
Junius	2.	1,0	1.	4,0	1.	3,8
Julius	2.	2,6	2.	5,1	1.	4,3
August	2.	0,3	3.	0,0	1.	6,4
Septbr.	2.	5,7	3.	0,0	1.	4,6
October	1.	8,0	2.	11,5	1.	6,8
Novbr.	1.	2,0	2.	8,8	1.	9,2
Decbr.	0.	10,3	1.	6,3	1.	2,6
Jahr	17.	1,2	24.	1,7	16.	0,5
Winter	13,6		17,7		19,1	
Frühling	19,4		18,3		25,3	
Sommer	36,5		28,0		26,2	
Herbst	30,5		36,0		29,4	

Unter den drei Orten zeigt nur Petersburg das Gesetz recht deutlich; weniger ist dieses bei Abo der Fall, wo vielleicht Localursachen, namentlich die Condensation der von der Ostsee kommenden Dämpfe an den Höhen von Finnland, die Regen im Herbste und Winter vorherrschen lassen, während im Sommer die Regen bringenden SO Winde auf ihrem Wege über das Festland eine weit höhere Temperatur erlangt haben, so daß Niederschläge weniger häufig Statt finden. Eben so anomal ist der Gang in Ofen. Liegt der Grund dieser Anomalie in Localursachen? oder haben die Jahre, in denen die Messungen angestellt wurden, einen so unregelmäßigen Charakter? Eine Vergleichung mit andern Orten von Ungarn ist nur im Stande hierüber Auskunft zu geben; ich bin aber fast geneigt anzunehmen, daß die Beobachter die Regen- und Schneemenge nicht gehörig unterschieden und die Höhe des herabgefallenen Schnees häufig als Höhe des Regenwassers angegeben haben. So fielen allein vom

92) Messungen von Krafft bei Cotte Mém. II, 508; außerdem 2jähr. Beob. (April 1778—Mai 1780) von Lexell in Act. Petrop. 1780 histor. p. 17, und 3jähr. Beob. (1783—86) von A. Euler in den Mannheimer Ephemeriden.

93) 12jähr. Beob. (1750—61) von Leche in den Abh. der Schwed. Acad. XXIV, 314.

94) 11jähr. Beob. (1782—92) von Weiß und Bruna in den Mannheimer Ephemeriden.

vom 20sten bis 24sten December nahe 3'' Wasser als Schnee herab, eben soviel als die Menge, durch welche die Rheinüberschwemmung im J. 1824 erzeugt wurde; in Ungarn aber war die Donau in beständigem Sinken und dabei die Temperatur so niedrig, daß jene am 24sten December zugefroren war. Wurden hier nicht Wasser und Schnee verwechselt, so leiteten die Beobachter vielleicht die Wassermenge aus der Schneehöhe nicht durch Aufthauen des letztern, sondern durch Annahme irgend eines Verhältnisses zwischen Dichtigkeit des Wassers und des Schnees her.

Nirgends auf den mir bekannten Punkten der Erde zeigt sich dieser Uebergang vom See-Clima zum Continental-Clima so schnell, als in Scandinavien. Die norwegischen Alpen verhindern besonders im Winter das Vordringen der Dämpfe ins Innere des Landes, daher an der Küste reichliche, im Innern schwache Niederschläge, dort Winter-, hier Sommerregen. Wir besitzen hier folgende Messungen:

Scandinavien.

Zeit	Bergen 96)	Copenhagen 95)	Lund 97)
Januar	7'' 3''',4	0'' 10''',7	0'' 10''',9
Februar	6. 10,8	0. 11,2	1. 0,3
März	6. 9,7	0. 8,1	0. 9,2
April	4. 3,1	0. 10,5	1. 1,2
Mai	3. 8,6	1. 1,4	1. 2,2
Junius	4. 7,6	1. 7,8	1. 6,7
Julius	4. 11,0	2. 2,2	2. 4,0
August	7. 10,9	2. 8,8	2. 1,0
September	10. 3,1	1. 9,1	1. 11,9
October	8. 8,2	1. 5,7	2. 0,6
November	9. 11,1	1. 7,0	1. 9,3
December	7. 10,5	1. 5,8	1. 4,0
Jahr	83. 2,0	17. 8,8	18. 1,8
Winter	26,6	19,1	18,0
Frühling	17,9	15,4	16,9
Sommer	21,0	37,7	33,0
Herbst	34,5	27,8	32,1

95) 10 vollständige Jahre, 1765—1770 von Arentz im 11ten Bande der Copenhagener Abhandlungen S. 81, und 1818—21 von Bohr im Magazin for Naturvidenskaberne Bd. II. Tabelle im Anhang, außerdem Januar bis Septbr. 1822 und Aug. 1823 — Septbr. 1824 ib. Jahrg. 1826. Heft 2. und Nov. 1825 — März 1826 ib. 1827 Heft I.

96) 17 Jahre von Bugge, 1769—76 bei Cotte Mém. II, 316; 1782—88 in den Mannh. Ephem. und 1823—24 mitgetheilt von Schouw in Tidsskrift for Naturvid. in den einzelnen Heften.

97) 21jähr. Beob. (1753—73) von Schenmark und Menzelius, Abh. der Schwed. Acad. XXXVI, 126.

Zeit	Stockholm [98])	Upsala [99])
Januar	0'' 10''',5	1'' 0''',9
Februar	0 7,4	0. 8,9
März	0. 7,0	0. 10,0
April	0. 7,5	1. 4,0
Mai	1. 4,0	1. 4,0
Junius	1. 5,3	1. 8,6
Julius	2. 1,8	1. 11,3
August	3. 8,4	1. 9,7
September	2. 10,6	1. 9,8
October	1. 10,4	1. 6,4
November	1. 9,2	1. 5,4
December	1. 4,1	1. 0,9
Jahr	19. 2,2	16. 7,9
Winter	14,8	17,4
Frühling	13,3	21,0
Sommer	38,0	32,8
Herbst	33,9	28,8

Ein merkwürdiges Clima hat Bergen. Wenige Orte zwischen den Wendekreisen zeigen eine so ungeheure Regenmenge, als dieser näher am Polarkreise liegende Punkt. Stimmten nicht die Messungen von zwei guten Beobachtern überein, so könnte man eine sorglose Aufzeichnung als Grund dieser reichlichen Niederschläge angeben. Aber so groß scheint die Regenmenge an der ganzen Westküste Norwegens zu seyn. Die Sonne zeigt sich auf den Inseln in der Nähe von Hammerfest nur als eine Seltenheit, im Sommer kann man sich kaum einiger heitern Tage erfreuen. Gar häufig treibt der NW Wind in wenig Augenblicken dicke Wolken aus dem Meere über das Land; Ströme von Regen stürzen daraus hervor und die Wolken ziehen Tage lang über den Boden hin. Tiefer im Fjorde sind es nur leichte und vorübergehende Regenschauer, und in Altengaard sieht man dann bei klarer und heiterer Sonne nichts weiter als ein schwarzes und dunkles Wolkenband gegen Norden am Horizonte. Noch auffallender ist dieser ewige Nebel auf Mageröe am Nord-Cap über 71° Breite hinaus. Tiefer im Lande ist dann der Himmel meistens heiter; denn so wie die Wolken dahin kommen, sind sie auch

98) 8jähr. Beob. (1785—92) von Nicander in den Mannh. Ephem.

99) 16jähr. Beob. (1739—49, 51—55) von Celsius, Hiorter und Ferner jährlich in den Abh. der Schwed. Acad.

verschwunden [99a]). Da die niedriger ziehenden Dämpfe im Winter die Bergkette nicht zu übersteigen vermögen, so finden wir in Bergen 0,789 für das Verhältniß der Winterregen zu den Sommerregen, während Copenhagen und Lund bereits ein deutsches, Upsala und Stockholm ein Continental-Clima haben [100]).

Im südlichen Europa bilden Frankreich und Italien eine eigene climatische Gruppe. Die Pyrenäen, das Plateau Spaniens und der Atlas verhindern die reichliche Ankunft der Dämpfe vom atlantischen Meere; das Mittelmeer giebt das meiste Wasser für die Regen, und wir treffen hier von der Küste an ausgehend eine ähnliche Vertheilung, als in dem mittleren Europa. Aber die Nähe von Africa läßt den Gegensatz zwischen Winter- und Sommerregen an den Küsten noch weit auffallender hervortreten, als in England. Der heiße Luftstrom, welcher von der Sahara aufsteigt und sich nach Norden ausbreitet (s. S. 201), verhindert den Niederschlag während des Sommers, daher regnet es dann wenig; so wie sich dieser Wind weiter nach Norden bewegt, werden durch die Ungleichheiten des Bodens partielle Ströme erzeugt, jener heiße Luftstrom wird unwirksamer und die Condensation des Dampfes erfolgt leichter. Das Thal der Rhone zeigt uns diese allmählige Aenderung des Climas auf eine eben so überraschende als entschiedene Art, und bis Zürich vermögen wir auf der Ebene zwischen Jura und Alpen Spuren dieser Einwirkung des africanischen Windes zu erkennen.

99a) L. v. Buch Reise nach Norwegen II, 40 und Gilbert's Ann. XLI, 31.

100) An der Westküste von Nordamerica scheint bei Sitka ein völlig ähnliches Verhältniß Statt zu finden. Kotzebue Neue Reise II, 23.

Gruppe des Rhonethales.

Monat	Beziers [1]	Montpellier [2]	Marseille [3]	Toulon [4]
Januar	1'' 9''',8	2'' 10''',0	1'' 5''',7	2'' 0''',1
Februar	1. 0,6	1. 8,2	0. 10,6	1. 0,1
März	1. 5,8	2. 3,4	1. 8,5	1. 2,8
April	1. 4,9	2. 2,7	1. 5,4	1. 5,9
Mai	1. 4,8	2. 3,4	1. 5,3	1. 5,8
Junius	1. 2,0	1. 10,2	1. 2,3	0. 7,9
Julius	0. 3,3	0. 9,8	0. 6,8	0. 4,1
August	0. 5,8	1. 2,8	0. 9,9	0. 7,6
Septbr.	0. 11,2	2. 8,4	2. 11,5	2. 5,6
October	1. 2,0	5. 2,3	3. 5,3	2. 7,9
Novbr.	3. 0,7	3. 2,7	2. 9,4	2. 6,1
Decbr.	2. 0,0	4. 1,0	1. 10,8	1. 0,0
Jahr	16. 2,9	30. 4,9	20. 7,5	17. 5,9
Winter	29,9	28,3	20,8	23,0
Frühling	26,4	22,3	22,3	24,1
Sommer	11,8	12,8	12,5	9,3
Herbst	31,9	36,6	44,4	43,6

Monat	Arles [5]	Nimes [6]	Manosque [7]	Orange [8]
Januar	1'' 4''',0	1'' 7''',7	0'' 8''',0	1'' 3''',7
Februar	2. 0,3	1. 10,0	1. 2,5	1. 11,2
März	2. 7,2	1. 8,9	2. 4,3	1. 6,2
April	1. 0,0	1. 10,2	2. 7,8	2. 3,8
Mai	1. 6,7	2. 1,1	2. 6,3	2. 2,6
Junius	0. 7,2	1. 0,6	0. 11,2	1. 10,8
Julius	0. 4,3	1. 0,1	0. 3,7	1. 4,4
August	1. 4,8	1. 2,9	0. 11,2	1. 8,3
Septbr.	2. 0,3	3. 4,8	2. 5,8	3. 11,7
October	3. 10,2	2. 4,6	3. 8,7	4. 4,9
Novbr.	2. 8,8	3. 8,1	2. 1,0	3. 4,9
Decbr.	2. 9,7	1. 9,8	2. 1,3	2. 4,7
Jahr	22. 3,5	23. 8,8	21. 11,8	28. 5,2
Winter	27,6	22,3	18,1	19,8
Frühling	23,1	24,0	34,2	21,3
Sommer	10,5	13,9	9,9	17,4
Herbst	38,8	39,8	37,8	41,5

1) 8jähr. Beob. (1725—32) von Bouillet und Mairan bei Cotte Mém. II, 265.

2) 26jähr. Beob. von Poitevin bei Gasparin l. l.

3) 19jähr. Beob. (1772—74, 77—92) von Saint-Jacques de Sylvabelle bei Cotte Mém. II, 420. und in den Mannheimer Ephemeriden.

4) 10jähr. Beob. aus der Statistique des bouches du Rhone bei Gasparin l. l.

5) 2jähr. Beob. (1783—84) von Bret bei Cotte Mém. II, 204.

6) 17jähr. Beob. von Baux und Valz bei Gasparin l. l.

7) 4jähr. Beob. (1781—84) von Bouteille bei Cotte Mém. II, 414.

8) 13jähr. Beob. von Gasparin l. l.

Monat	Viviers 9)	Joyeuse 10)	Bourg en Bresse 11)	Dijon 12)	Toulouse 13)
Januar	2″ 5‴,7	3″ 6‴,7	3″ 5‴,0	1″ 8‴,1	1″ 8‴,8
Februar	1. 8,5	2. 10,6	3. 0,0	0. 11,2	1. 6,2
März	1. 11,1	2. 3,8	3. 10,0	1. 5,5	1. 11,1
April	2. 8,2	3. 6,7	2. 9,0	2. 0,0	1. 11,5
Mai	2. 11,2	5. 2,8	4. 0,9	2. 7,8	2. 3,9
Junius	2. 6,8	2. 5,0	3. 7,0	2. 0,0	2. 10,2
Julius	1. 10,6	2. 7,1	3. 3,0	3. 3,3	1. 6,3
August	2. 4,2	2. 8,6	3. 9,0	1. 4,0	1. 3,7
Septbr.	4. 1,7	5. 7,2	3. 11,0	1. 5,8	2. 6,8
October	4. 8,9	7. 10,3	4. 7,0	3. 2,7	2. 1,9
Novbr.	4. 2,2	5. 9,7	4. 7,0	2. 3,1	2. 0,9
Decbr.	2. 4,8	3. 2,6	2. 7,0	1. 7,9	1. 8,6
Jahr	33. 11,9	47. 8,0	43. 3,9	23. 10,9	23. 7,9
Winter	19,4	20,3	20,8	17,9	21,0
Frühling	22,2	23,1	24,6	25,6	25,2
Sommer	20,0	16,2	24,4	27,6	24,0
Herbst	38,4	40,4	30,2	28,9	28,8

Monat	Genf 14)	Lausanne 15)	Bern 16)	Zürich 17)
Januar	2″ 2‴,6	1″ 11‴,1	2″ 0‴,8	2″ 1‴,[illegible]
Februar	1. 9,9	2. 0,4	4. 2,5	2. 8,8
März	1. 9,3	2. 3,7	2. 4,0	2. 4,6
April	1. 10,6	2. 1,6	2. 5,4	2. 9,0
Mai	2. 10,0	3. 1,4	3. 10,5	2. 5,6
Junius	2. 11,8	4. 6,9	5. 4,7	3. 4,1
Julius	3. 2,9	3. 7,6	4. 1,4	3. 11,7
August	2. 7,5	5. 9,2	5. 8,0	3. 4,8
September	2. 5,9	2. 6,3	3. 2,1	2. 4,1
October	2. 10,4	5. 0,7	4. 7,6	3. 7,8
November	2. 7,6	2. 10,8	2. 7,3	1. 4,2
December	2. 4,8	1. 9,4	2. 9,1	1. 7,6
Jahr	29. 9,3	37. 9,1	43. 3,4	32. 2,1
Winter	21,6	15,2	20,9	20,3
Frühling	21,8	20,0	20,0	23,6
Sommer	29,7	37,0	35,1	33,3
Herbst	26,9	27,8	24,0	22,8

9) 40jähr. Beob. (1778—1817) von Flaugergues in Bibl. univ. VIII, 127.

10) 23jähr. Beob. (1805—27) von Tardy de la Brossy de Montravel in den Annales de chimie XLII, 363.

11) 9jähr. Beob. von Puvis bei Gasparin l. l.

12) 7jähr. Beob. (1777—83) von Maret bei Cotte Mém. II, 330.

13) 12jähr. Beob. aus dem Journ. des prop. bei Gasparin l. l.

14) 33jähr. Beob., nämlich 26 Jahr aus der Bibl. univ. bei Gasparin l. l. und 7 Jahr (1782—86, 88, 89) von Senebier in den Mannheimer Ephemeriden.

15) 6jähr. Beob. aus den Abh. der öconom. Soc. zu Bern bei Gasparin l. l.

16) 5jähr. Beob. ebend.

17) 5jähr. Beob. (1708—12) von Scheuchzer, Natur-Historie des Schweizerlandes (4. Zürch 1752) I, 84.

An den unmittelbar an der Küste liegenden Orten ist der Herbstregen vorherrschend, der Regen im Sommer sehr unbedeutend. Der warme Luftstrom von Africa verhindert im Sommer die Condensation, der Himmel ist fast stets heiter, und es zeigen sich nur am Morgen niedriege Nebel über dem Meere [18]). Nur dann, wenn der SO Wind einige Tage anhaltend weht, bilden sich Regen, die aber vom folgenden NW Winde vertrieben werden. Nehmen wir zur schärferen Bestimmung der Verhältnisse das Mittel aus den Messungen zu Beziers, Montpellier, Marseille und Toulon, so erhalten wir für die Küste folgende Größen:

Winter	25,5	Procent
Frühling	23,8	
Sommer	11,6	
Herbst	39,1	

Und eben so zeigt sich das Verhältniß auch noch etwas weiter nördlich, denn Arles und Nimes geben im Mittel:

Winter	25,0	Procent
Frühling	23,5	
Sommer	12,2	
Herbst	39,3	

Selbst in dem seitwärts liegenden Thale der Isère zeigt uns Manosque fast dieselbe Vertheilung. Je weiter wir aber nach Norden gehen, desto mehr ändern sich diese Verhältnisse. Das Mittel der Messungen zu Orange, Viviers [19]) und Joyeuse giebt folgende Größen:

Winter	19,8	Procent
Frühling	22,2	
Sommer	17,8	
Herbst	40,2	

Der warme Luftstrom hat hier bereits viel von seinem Einflusse verloren, die westlichen Winde werden nicht mehr in demselben

18) Silvabelle in Eph. Soc. Meteor. Palat. 1782. p. 500.

19) Flaugergues, welcher in seiner Untersuchung den Winter mit dem 1sten Januar anfing, verkannte die Verhältnisse für Viviers ganz. Bibl. univ. VIII, 130.

Grade von den Pyrenäen aufgehalten und die Vertheilung des Regens nähert sich mehr der im übrigen Frankreich. Noch weiter nördlich, in Bourg en Bresse, haben die Sommerregen bereits das Uebergewicht über die Winterregen, und eben dieses findet in dem seitwärts liegenden Toulouse Statt; das Uebergewicht der Herbstregen über die Sommerregen verschwindet endlich in der Nähe von Dijon. Aber Spuren dieser Einwirkung des africanischen Windes scheinen sich noch in Genf und den übrigen Orten der Schweiz zu zeigen.

Der Einfluß der Gebirge auf die ganze jährliche Regenmenge zeigt sich auch in dieser Gruppe sehr deutlich; da, wo der obere Luftstrom in seinem Vordringen gehindert wird, treffen wir reichlichere Niederschläge. In den Ebenen finden wir folgende Größen:

Beziers	16″	2‴,9
Montpellier	30.	4,9
Marseille	20.	7,5
Toulon	17.	5,9
Arles	22.	3,5
Nimes	23.	8,8
Manosque	21.	11,8
Orange	28.	6,2

Im Mittel also etwa 23″; schnell nimmt diese Größe weiter nördlich zu; wir finden nämlich bei

Viviers	33″	11‴,9
Bourg en Bresse	43.	3,9
Joyeuse	47.	8,0

Regenmengen, die schon im westlichen England bedeutend seyn würden. Aber bei Joyeuse, wo die Wassermenge am größesten ist, läßt sich die Einwirkung von Localursachen sehr leicht nachweisen. Dort kommen die meisten Regen mit Südwinden, in einer Entfernung von 5000 bis 6000ᵗ nördlich von der Stadt erhebt sich der Tanargue als eine steile von O nach W streichende Mauer bis zu einer Höhe von 700 bis 800ᵗ [20]). Wäre diese Kette

20) Annales de chimie XLII, 365.

nicht vorhanden, so würde die Vertheilung des Regens im Jahre wahrscheinlich nahe dieselbe seyn, als in Viviers und Bourg en Bresse; nun aber ziehen die Wolken bei der höheren Temperatur des Sommers leichter über die Bergkette, als im Herbste, daher schwächere Sommer- und stärkere Herbstregen.

Dem Physiker, welchem ein hinreichender Vorrath nicht blos von monatlichen Mitteln, sondern auch von Originalbeobachtungen zu Gebote steht, scheint eine nähere Untersuchung der Regenverhältnisse Italiens manche interessante Resultate zu versprechen. Schon früher hatte Toaldo die Regenmenge an sehr vielen Orten Italiens verglichen [21]), da er aber nur die Größe des jährlichen Niederschlages mittheilt, so ist seine Arbeit für gegenwärtigen Zweck wenig brauchbar; es geht daraus nur hervor, daß die Menge des herabfallenden Wassers in der Nähe der Gebirge sehr groß wird, was auch die folgenden Tafeln hinreichend zeigen. Im Jahre 1825 hat Schouw, welcher auf seinen Reisen in Italien sehr viele Messungen über diesen Gegenstand sammelte, denselben näher untersucht, und seine Arbeit scheint viele Belehrungen zu versprechen; bis jetzt kenne ich sie jedoch nur durch einen kurzen Auszug [22]). Er macht darin auf den großen Einfluß der die Halbinsel durchziehenden Bergketten aufmerksam und zeigt die ungleichen Verhältnisse in den verschiedenen Becken. Die jährliche Regenmenge beträgt am untern südlichen Rande der Alpen, so wie am Fuße dieser Kette in der lombardischen Ebene, im Mittel 54″ — 55″, an manchen Orten 80″ — 90″; mitten auf der großen Ebene 36″ — 37″, nirgends übersteigt sie hier die Größe von 45″; am südlichen Theile dieser Ebene steigt sie am Fuße der Apenninen bis zu 27″ — 28″, wird aber nirgends größer als 32″. In dem östlichen Theile dieser Ebene ist der Regen stärker als im westlichen: so findet man am Fuße der Alpen östlich vom Garda-See im Mittel 58″ — 59″, während die westlicher liegenden Gegenden nur 39″ — 40″ geben. Am südlichen Fuße der Apenninen, da wo diese Kette sich plötzlich nach Osten wendet, so wie auf der Küste

21) Journal de physique 1791.
22) Ferussac Bulletin, Mai 1826. p. 344. Tidsskrift for Naturvidenskaberne Nr. 12. p. 329. Pflanzengeographie S. 385.

von Genua ist die Regenmenge größer als auf der entgegengesetzten Seite, nach einem Mittel beträgt sie etwa 42″—43″; von Genua und Florenz endlich bis zum südlichen Italien nimmt diese Regenmenge bedeutend ab und sie erreicht hier nur die Größe von etwa 20″—21″.

Mir standen aus Italien nur zwei Journale zu Gebote, in denen die Beobachtungen einzeln mitgetheilt werden, nämlich das zu Padua von Toaldo und das zu Rom von Calandrelli, beide in den Mannheimer Ephemeriden; Aufzeichnungen von Mateucci zu Bologna in derselben Sammlung sind höchst unvollständig. Eben so konnte ich nur von wenigen Orten Messungen des Niederschlages erhalten, welche eine lange Reihe von Jahren fortgesetzt sind. Dasjenige, was ich mittheile, ist daher nur als flüchtiger Umriß für die climatischen Verhältnisse eines Landes anzusehen, in welchem Localursachen eine sehr bedeutende Rolle spielen.

Schon die Regenwinde weichen an den beiden erwähnten Orten sehr bedeutend von einander ab. Bezeichnen wir mit A und B dieselben Quotienten als oben, so erhalten wir folgende Größen:

Wind	Padua		Rom	
	A	B	A	B
N	33,5	5,6	16,2	12,3
NO	24,6	3,5	8,8	6,7
O	11,1	7,5	8,1	3,0
SO	5,1	9,4	12,1	3,8
S	3,6	11,9	18,0	4,7
SW	4,7	8,8	22,8	7,1
W	7,8	9,8	9,1	6,8
NW	9,6	9,7	4,9	9,0

Betrachten wir zuerst die Regenwinde ohne Berücksichtigung der Häufigkeit dieser Winde im Allgemeinen, so finden wir in Padua den Nordwind als feuchtesten, dagegen den Südwind als trockensten; in Rom erhalten wir eine Curve mit doppelter Krümmung, das größere Maximum fällt mit SW, das kleinere mit N zusammen. Berücksichtigen wir zugleich die Häufigkeit der Winde,

so darf in Padua der NO Wind nur etwa 4 Mal wehen, wenn es einmal regnen soll, dagegen ist der Südwind der trockenste. Umgekehrt verhält es sich in Rom. Um die Anomalien zu entfernen, wollen wir den schon oben benutzten Ausdruck anwenden; demnach erhalten wir

$$\text{Padua:}\quad R_n = 8{,}27 + 2{,}92 \sin(n.45^\circ + 237^\circ\, 14') + 1{,}76 \sin(n.90^\circ + 178^\circ\, 17')$$

$$\text{Rom:}\quad R_n = 6{,}68 + 3{,}35 \sin(n.45^\circ + 125^\circ\, 7') + 1{,}80 \sin(n.90^\circ + 82^\circ\, 6')$$

In Padua ist der trockenste Wind S 18° O, er kann 11,2 Mal wehen, wenn es einmal regnen soll, der feuchteste Wind dagegen fällt nahe mit NO zusammen, es weht derselbe nur 3,6 Mal wenn es einmal regnet. Es giebt nach dem obigen Ausdrucke noch zwei untergeordnete Extreme bei SW als feuchtestem, und W als trockenstem Winde, jedoch ist die Krümmung der Curve in dieser Gegend nur unbedeutend. Die Apenninenkette hat zum Theil die Dämpfe zurückgehalten, das Wasser kommt vom adriatischen Meere. Aber der Nordwind begünstigt hier vorzugsweise den Niederschlag. Illud mirum, bemerkt bereits Toaldo [23]), cum pluviae ad nos afferantur ab austris, tempestate tamen pluvia hic regnare septentrionales ventos. Sed tenendum hosce ventos plagam mentiri, cum sint venti austri ab Alpibus repercussi. Revera tempore pluvio cernuntur nubes plerumque a mari ad montes tendere, id est, ab Austro, vel Euronoto vel Euro ad Zephyroboream (qui superior ventus est verus ventus). Imo est hoc signum etiam populo notum pluviae venturae, cum nubes tendunt ad montes; contrarius motus signum est serenitatis.

In Rom liegt der feuchteste Wind zwischen O und SO; kommt derselbe aus S 80° O, so regnet es einmal, wenn er 2,4 Mal weht; bei dem trockensten Winde, N 8° W, regnet es unter 11,3 Malen nur einmal.

Während die nördlichen von den Alpen kommenden Winde in Padua die feuchtesten sind, erscheinen dieselben in Rom als die

---

23) Mannheimer Ephemeriden 1781. S. 294.

trockensten; in beiden Fällen sind Landwinde die Regen bringenden. Ich glaube, daß kalte Luftmassen, welche in Padua von den Alpen, in Rom von den östlich liegenden Apenninen herabstürzen, Ursache davon sind. Warme Luftmassen bewegen sich über ihnen fort und an der Gränze beider entsteht dieser Niederschlag. Um jedoch zu prüfen, ob diese Ansicht naturgemäß sey, würden Aufzeichnungen von mehr Orten erforderlich seyn, als ich benutzen konnte.

Ist diese Hypothese richtig, so ist wahrscheinlich auch der Einfluß der verschiedenen Wolkenarten auf die künftige Witterung in Italien ein anderer, als in unseren Gegenden. Vielleicht lassen sich auf diese Art einige Stellen der Alten erklären. Theophrast und nach ihm Aratus [24]) sagen: vor Regen zeigen sich häufig Wolken wie wollige Vließe (νέφεα πόκοισιν ἐοικότα) zerstreut; Virgil, Lucretius, Plinius [25]) und andere Römer nennen diese Wolkenart Vellera lanae. Schon ältere Philologen und nach ihnen Th. Forster [26]) haben sie mit den Schäfchen verglichen, und allerdings scheint der lockere Cirrocumulus diese Bezeichnung am ersten zu verdienen. Dieses sichere Prognosticon trifft jedoch in unseren Gegenden selten ein. Aber was beim Cirrocumulus unserer Gegenden als wahrscheinliche Hypothese aufgestellt wurde, das trifft hier fast stets zu: ein warmer Luftstrom bewegt sich über einem kältern. Sollen hier aber überhaupt Niederschläge Statt finden, so wird die Wolkenbildung klein anfangen, es werden sich zuerst einzelne Schäfchen zeigen; indem die Luftmassen mit größerer Schnelligkeit von den Gebirgen herabsinken, heben sie die gesättigte Luft zu bedeutenderen Höhen, der Zustand der Sättigung wird immer mehr überschritten und es fällt Regen herab. Da die Lage Griechenlands genau dieselbe ist, als die von Italien, so wird sich der Vorgang dort auf dieselbe Art zeigen, als hier.

Die Regenmengen an verschiedenen Orten giebt folgende Tafel:

---

24) Arati Diosemeia 207.

25) Virg. Georg. I, 397. Lucret. de rer. nat. VI, 504. Plin. hist. nat. XVIII, 35.

26) Forster. Wolken S. 54 u. a. a. O.

Italien.

Monat	Palermo [27])	Rom [28])	Siena [29])	Florenz [30])
Januar	2″ 10‴,0	2″ 7‴,1	1″ 8‴,0	1″ 10‴,6
Februar	2. 2,6	2. 7,0	1. 5,7	3. 8,2
März	2. 11,8	2. 10,7	3. 1,0	3. 10,2
April	1. 3,4	2. 3,5	2. 2,1	2. 6,8
Mai	0. 9,5	2. 1,4	3. 1,5	1. 8,5
Junius	0. 5,7	1. 5,0	2. 6,0	1. 3,2
Julius	0. 2,6	0. 5,1	2. 2,1	2. 2,3
August	0. 5,4	1. 0,1	1. 2,0	1. 6,4
Septbr.	2. 0,6	1. 8,9	3. 9,7	3. 3,8
October	2. 3,4	4. 2,3	3. 8,4	5. 1,4
Novbr.	2. 1,4	4. 1,5	4. 0,0	3. 4,8
Decbr.	3. 1,1	3. 11,1	3. 2,1	3. 3,3
Jahr	20. 9,5	29. 3,7	32. 0,6	33. 9,5
Winter	39,1	31,0	19,7	35,7
Frühling	24,3	24,9	26,2	20,9
Sommer	5,5	9,7	18,2	12,9
Herbst	31,1	34,3	36,9	30,5

Monat	Genua [31])	Bologna [32])	Chioja [33])	Rovigo [34])
Januar	3″ 3‴,6	3″ 3‴,4	2″ 10‴,6	4″ 0‴,6
Februar	2. 6,8	3. 1,4	2. 0,0	2. 3,3
März	3. 0,8	3. 3,3	2. 0,6	3. 3,1
April	2. 7,6	1. 7,4	1. 7,6	2. 3,2
Mai	2. 0,8	0. 4,7	2. 9,7	2. 11,0
Junius	0. 4,4	0. 7,8	3. 2,3	1. 10,0
Julius	0. 8,7	0. 3,8	1. 10,3	1. 0,8
August	2. 11,9	1. 2,4	1. 0,2	1. 5,5
Septbr.	4. 11,0	2. 11,5	6. 0,0	3. 10,0
October	7. 2,4	4. 0,4	4. 2,4	3. 11,1
Novbr.	3. 5,0	4. 7,0	1. 4,4	0. 8,4
Decbr.	6. 2,7	3. 8,3	1. 8,8	3. 2,9
Jahr	44. 5,2	29. 1,4	30. 8,9	30. 9,9
Winter	27,2	34,7	21,5	31,0
Frühling	28,6	18,1	21,1	27,4
Sommer	9,2	7,4	19,4	14,3
Herbst	35,0	39,8	38,0	27,3

27) 20jähr. Beob. (1796—1815) von Scina bei Balbi Essai stat. sur Portugal I, 119.

28) 20jähr. Beob. von Calandrelli bei Buch in Gilbert's Annalen XXIV, 239.

29) 10jähr. Beob. (1755—64) von den Mitgliedern der Acad. zu Siena bei Cotte Mém. II, 554.

30) 2jähr. Beob. (1783—84) von Tartini, mitgetheilt von Toaldo in den entsprechenden Jahrgängen der Mannh. Ephem.

31) 2jähr Beob. (1783—84) bei Toaldo l. l.

32) 4jähr. Beob. aus den Mannheimer Ephemeriden bei Gasparin.

33) 3jähr. Beob. (1780, 83, 84) von Vianelli bei Cotte Mém. II, 309. u. Toaldo l. l.

34) 2jähr. Beob. (1783—84) von Cittadini bei Toaldo l. l.

Monat	Verona 35)	Trient 36)	Padua 37)	Vicenz 38)	Marostica 39)
Januar	2" 7''',5	0" 5''',8	2" 2''',2	3" 7''',3	1" 10''',8
Februar	1. 5,1	1. 8,5	1. 9,6	2. 6,9	1. 10,9
März	2. 5,6	5. 2,1	2. 5,8	4. 4,8	4. 5,4
April	2. 9,7	3. 10,9	3. 3,3	2. 8,3	3. 0,2
Mai	3. 6,2	1. 5,6	3. 4,5	2. 11,3	3. 9,6
Junius	2. 11,8	3. 0,7	3. 5,7	3. 6,1	6. 3,8
Julius	3. 4,4	0. 7,3	2. 8,0	1. 11,9	2. 0,4
August	2. 8,3	2. 6,6	2. 8,4	2. 10,4	4. 8,3
Septbr.	2. 9,8	2. 7,9	3. 1,0	6. 1,6	4. 5,8
October	4. 9,1	3. 2,5	4. 1,3	5. 5,3	4. 3,8
Novbr.	2. 9,8	6. 2,6	2. 9,6	1. 2,8	0. 11,3
Decbr.	4. 3,4	3. 3,7	2. 7,2	3. 8,0	3. 0,2
Jahr	34. 6,7	33. 4,2	34. 6,6	41. 0,7	40. 10,5
Winter	18,3	16,5	19,0	24,0	16,7
Frühling	25,4	31,6	26,4	24,4	27,6
Sommer	26,1	18,7	25,6	20,4	31,9
Herbst	30,2	33,2	29,0	31,2	23,8

Monat	Udine 40)	Conegliano 41)	Tolmezzo 42)	Mantua 43)	Mailand 44)
Januar	3" 10''',7	2" 7''',9	4" 0''',2	2" 3''',0	2" 8''',1
Februar	5. 2,2	2. 4,6	3. 11,1	1. 7,0	1. 10,9
März	7. 1,2	6. 9,7	13. 9,0	2. 2,0	2. 2,0
April	4. 11,2	2. 7,6	4. 5,6	2. 7,0	2. 10,8
Mai	3. 11,0	3. 4,8	4. 5,9	3. 1,0	3. 6,1
Junius	7. 10,1	6. 1,2	8. 3,3	1. 7,0	3. 0,1
Julius	3. 8,8	2. 4,2	3. 10,0	2. 6,0	2. 7,7
August	4. 0,9	3. 10,5	4. 9,3	2. 7,0	2. 9,8
Septbr.	4. 7,5	4. 5,9	4. 11,1	2. 2,0	3. 0,0
October	8. 4,4	5. 10,7	7. 4,5	2. 6,0	3. 10,6
Novbr.	1. 11,8	0. 10,3	1. 2,4	3. 3,0	4. 1,3
Decbr.	3. 11,0	2. 9,6	9. 0,1	2. 5,0	2. 10,7
Jahr	59. 6,8	44. 3,0	70. 0,5	28. 8,0	35. 6,1
Winter	21,8	17,9	24,2	21,8	21,1
Frühling	26,8	29,0	32,4	27,3	24,1
Sommer	26,2	28,0	24,1	23,0	23,9
Herbst	25,2	25,1	19,3	27,9	30,9

35) 9jähr. Beob., nämlich 1788—93 von Cagnoli in den Mem. della Soc. Ital. und 1812—14 in den Osservaz. Meteor. agron. i Verona.

36) 2jähr. Beob. (1783—84) von Eberle bei Toaldo.

37) 40jähr. Beob., mitgetheilt von Toaldo im Journ. de phys. T. X.

38) 2jähr. Beob. (1783—84) bei Toaldo l. l.

39) 4jähr. Beob. (1777, 80, 83, 84) von Chiminello bei Cotte Mém. II, 418. und Toaldo l. l.

40) 2jähr. Beob. (1783, 84) von Asquini bei Toaldo.

41) 2jähr. Beob. (1783, 1784) Graziani bei Toaldo.

42) 2jähr. Beob. (1783, 84) von Spangaro bei Toaldo.

43) 7jähr. Beob. (1766—72) Asti bei Cotte Mém. II, 417.

44) 54jähr. Beob. (1763—1817) auf der Sternwarte, bei Césaris in Mem. della Soc. Ital. T. XVIII, Fisica p. 73.

Monat	Turin [45])	Brescia [46])	Bergamo [47])	Salo [48])	St. Bernhardt [49])
Januar	2'' 5''',0	1'' 9''',5	1'' 11''',0	1'' 2''',5	4'' 7''',7
Februar	0. 9,6	2. 1,0	1. 8,8	1. 2,5	6. 11,7
März	2. 1,1	4. 2,0	3. 10,6	4. 10,6	5. 8,0
April	4. 3,2	2. 0,5	1. 8,8	1. 11,6	4. 4,4
Mai	4. 1,1	3. 7,5	4. 7,1	4. 4,7	2. 11,5
Junius	4. 4,1	3. 6,0	3. 8,9	3. 2,7	3. 6,6
Julius	3. 5,1	2. 5,5	2. 10,8	1. 1,6	5. 2,5
August	2. 7,3	5. 5,0	7. 11,0	5. 6,2	5. 6,8
Septbr.	2. 6,4	4. 10,0	4. 4,8	7. 11,0	4. 3,4
October	3. 4,0	5. 4,5	5. 4,2	3. 4,8	3. 3,7
Novbr.	2. 11,8	0. 9,3	1. 7,5	0. 9,9	3. 4,2
Decbr.	1. 11,6	4. 11,5	3. 9,5	3. 8,7	4. 11,5
Jahr	24. 10,3	41. 0,3	43. 7,0	39. 4,8	54. 10,0
Winter	14,9	21,5	17,1	15,6	30,2
Frühling	30,0	24,0	23,4	28,5	23,7
Sommer	29,9	27,7	33,4	25,1	26,1
Herbst	25,2	26,8	26,1	30,8	20,0

So abweichend auch die Vertheilung des Regens an diesen verschiedenen Orten ist, so zeigt sich doch an den meisten ein Streben keine Sommerregen zu haben; die Größe des Niederschlages nimmt an vielen Punkten bis zum Mai zu und wird sodann im Junius, Julius und August kleiner. Aber nur Palermo, Rom und Genua zeigen uns die Erscheinungen, welche durch den heißen Luftstrom bedingt werden, in ihrer reinsten Gestalt [50]); in Siena und Florenz haben die benachbarten Höhenzüge schon eine Störung dieser allgemeinen Vertheilung erzeugt. Verwickelter sind die Erscheinungen auf der Ebene zwischen Alpen und Apenninen;

45) 4jähr. Beob. (1803—6) von Bonin, mitgetheilt von Vassali. Eandi in den Mém. de Turin pour 1805—1808. p. 25.

46) 2jähr. Beob. (1783—84) Rodella bei Toaldo.

47) 2jähr. Beob. (1783—84) von Mascheroni bei Toaldo.

48) 2jähr. Beob. (1783—84) von Avanzini bei Toaldo.

49) 9jähr. Beob. aus der Bibl. univ. bei Gasparin.

50) Schouw, welcher auf eben diesen Umstand aufmerksam macht, ist geneigt, das Phänomen mit den Passaten in Verbindung zu setzen, indem diese bei nördlicher Declination der Sonne weit nach Norden rücken, und daher das Vorherrschen der nördlichen Winde und keine Regen, da der Regen erzeugende SW dann nicht weht. Tidsskrift for Naturv. No. 12. p. 334. Mir scheint es viel wahrscheinlicher, daß die oben gegebene Ansicht über Entstehung der Nordwinde und die Regenlosigkeit des Sommers die richtigere sey.

die Luft steigt von der lombardischen Ebene in die Höhe, um kälteren von den Alpen herabkommenden Luftströmen Platz zu machen. Dieser Kreislauf in der Atmosphäre erzeugt selbst mitten im Sommer, wo er am lebhaftesten ist, Niederschläge, deren Entstehung den tropischen Regen ähnlich ist: feuchte Luftmassen werden gehoben und der Dampf niedergeschlagen. Nur Bologna macht in dieser Hinsicht eine Ausnahme, indem die Regenmenge hier im Sommer sehr klein ist; es wäre möglich, daß die südlichen Ströme ihr Wasser beim Uebergange über die Apenninen verloren hätten, oder daß die von den Alpen kommenden Ströme auf der Ebene eine höhere Temperatur erlangt hätten; vielleicht aber verdienen die Messungen kein hinreichendes Zutrauen, da in den Mannheimer Ephemeriden häufig Regen ohne Angabe der Wassermenge angeführt wird.

Gehen wir nach dem Thale des Po, der Etsch und der Brenta, so finden wir im östlichen Theile eben so wie an der Küste des atlantischen Meeres vorherrschende Herbstregen, aber je tiefer wir landeinwärts gehen, desto größer wird das Uebergewicht der Sommerregen. Sollen indessen die Verhältnisse hier genau bestimmt werden, so ist eine langjährige Reihe von Messungen an jedem Orte erforderlich, denn es giebt wenige Gegenden von Europa, wo die Regenmengen derselben Monate in verschiedenen Jahren so bedeutende Differenzen zeigen, als hier. So fiel im April 1788 in Verona 0″ 6‴,1 Wasser und in eben diesem Monate im Jahre 1814 12″ 7‴,0; in Mailand im Februar 1824 nahe 7 Zoll und im folgenden Jahre kein Tropfen. Es dürfen daher die in obiger Tafel gegebenen Größen nur als annähernde Bestimmungen angesehen werden.

Verfolgen wir nun die lombardische Ebene vom adriatischen Meere, so geben Padua, Chioja und Rovigo für das Verhältniß der Sommeregen zu den Herbstregen 19,8 : 31,4, nahe 1:1,6; tiefer landeinwärts geben Verona und Mantua 25:29 nahe 1:1,2; Mailand 23,9 : 30,9, nahe 1:1,3; dagegen haben in Turin bereits die Sommerregen das Uebergewicht, indem wir hier 29,9:25,2 und für das Verhältniß der Winter- und Sommerregen nahe dieselbe Größe finden, als in Deutschland und dem nördlichen Frankreich.

Einen völlig ähnlichen Uebergang bemerken wir neben einer schnellen Zunahme der Regenmenge bei der Annäherung an die Alpen. So finden wir in Padua, Chioja und Rovigo

Winter	23,8 Procent
Frühling	25,0
Sommer	19,8
Herbst	31,3

Dagegen am Fuße der Gebirge in Verona, Vincenz, Marostica, Conegliano und Udine

Winter	19,7 Procent
Frühling	26,6
Sommer	26,6
Herbst	27,1

Endlich in Tolmezzo

Winter	24,4 Procent
Frühling	32,4
Sommer	24,1
Herbst	19,3

In dem westlichen Theile der lombardischen Ebene zeigt sich bei der Annäherung an die Alpen ein ähnlicher Uebergang. So geben Mantua und Mailand

Winter	21,4 Procent
Frühling	25,7
Sommer	23,5
Herbst	29,4

Wir finden dagegen in Brescia, Bergamo und Salo

Winter	18,1 Procent
Frühling	25,3
Sommer	28,7
Herbst	27,9

Verdienen die Messungen auf dem höchsten Punkte dieser Gruppe, dem St. Bernhard, ein hinreichendes Zutrauen, so würden sie uns ebenfalls das Uebergewicht des heißen Stromes im Sommer zei-

zeigen; das Vorherrschen der Winterregen vor den Sommerregen beweist dieses um so mehr, da die höheren Punkte im südlichen Deutschland eine entgegengesetzte Vertheilung zeigten. Es ist jedoch die Frage, ob die von Gasparin berechneten Regenmengen ein hinreichendes Zutrauen verdienen, denn in dem Tagebuche selbst wird in der Bibliothèque universelle nur die Höhe des herabgefallenen Schnees angegeben, es ist mir aber unbekannt, wie daraus die Wassermenge hergeleitet worden ist.

So haben wir in Europa in Beziehung auf die Vertheilung des Regens vorzugsweise zwei Gruppen von Climaten kennen gelernt, die des mittleren und die des südlichen Europa; während in jener die Sommerregen das Uebergewicht haben, herrschen in dieser Winter- und Herbstregen. Wir werden zwar erst in der Folge den wichtigen Einfluß kennen lernen, welchen die Hydrometeore auf die Temperatur haben, aber schon eine oberflächliche Betrachtung zeigt hinreichend, daß sich die Temperatur und die Helligkeit des Sonnenlichtes im Sommer dann am meisten ändere, wenn heitere und Regentage wechseln. Wo also die Sommerregen fehlen oder nur klein sind, werden diese Oscillationen geringer; ohne daß die mittlere Wärme einen bedeutend höheren Grad erreicht, befolgt sie einen regelmäßigeren Gang. Erwägen wir nun, daß Licht, Wärme und Feuchtigkeit die wichtigsten Momente für das Pflanzenleben sind, dann wird begreiflich, daß die Floren in den beiden Hauptgruppen von Climaten sehr bedeutende Differenzen zeigen müssen.

Schon längst ist darauf aufmerksam gemacht, daß die Flora des südlichen Frankreichs bedeutend von der des mittleren abweiche [51]); Pflanzen, die in großer Menge am Meeresufer wuchern, kommen bei Lyon nicht mehr fort; die mittlere Jahreswärme dieser Gegenden ist wenig verschieden: hierin kann der Grund der Differenz nicht liegen, eben so wenig in der geognostischen Verschiedenheit des Bodens. Wenn Pflanzen auch vorzugsweise auf einer Gesteinart fortkommen und auf andern fehlen, so werden dadurch zwar Differenzen in der Vertheilung dieser Species erzeugt, nie aber wird der Charakter der ganzen Flora geändert. De Candolle hat im zweiten Bande der Flore

51) Lamark et De Candolle Flore française T. II. p. V.

française eine Karte von Frankreich geliefert, auf welcher er mit Ausschluß der Gebirgsgegenden drei Floren unterscheidet, die des südwestlichen Frankreich (Bordeaux, Toulouse, la Rochelle), die des mittleren Frankreich und endlich die des südlichen Rhonethales. Man darf aber diese einzelnen Regionen nur mit den oben gegebenen Regenverhältnissen vergleichen, um sich zu überzeugen, daß letztere die Hauptrolle dabei spielen.

Eine völlig ähnliche Differenz zeigt uns Italien. In der Nähe von Genua gedeihen Palmen [52]), nicht sowohl weil sie durch die Alpen vor den Nordwinden geschützt werden, da diese wahrscheinlich eben so vorherrschend sind, als in Padua, oder weil die Linien gleicher Wärme hier eine bedeutende Biegung erleiden [53]), sondern weil die Sommerregen und damit die häufigen Temperaturdepressionen in dieser Jahreszeit fehlen. Daher ist die Flora von Genua eine ganz andere als die von Piemont [54]); nicht die zwischenliegende Bergkette verhindert die Wanderung der Pflanzen, letztere wirkt nur mittelbar, indem sie eine Verschiedenheit der Climate bedingt. Auch bemerkt bereits Saussure die Differenz, welche die Alpen erzeugen. Bei Aosta traf er die Celtis australis und viele Kräuter, welche nördlich von den Alpen nicht wachsen, namentlich Cynosurus echinatus, Chenopodium botrys, Cytisus nigricans, Salsola prostrata; der Wein ist hier trefflich, und das Vorkommen vieler Thiere warmer Länder (Cicaden, Mantis religiosa etc.) beweist die große Differenz des Clima's [55]).

Eben dieser Einfluß des warmen Luftstromes läßt sich in den Höhen nachweisen, in denen einzelne Pflanzen auf den Alpen noch gedeihen. Wenn auch auf den südlichen Abhängen der Bergkette die Regen im Sommer reichlicher werden, so treffen wir hier doch mehr eine Annäherung an das italienische, auf den nördlichen Abhängen eine Annäherung an das deutsche Clima. Daher liegen die oberen Gränzen vieler Gewächse in Wallis und Savoyen bedeutend höher, als im nördlichen Theile der Alpen. Nach den Messungen von Horner und Buch verschwan-

52) Annales du Museum d'hist. nat. de Paris XI, 219.
53) Humboldt im Mém. d'Arcueil III, 537.
54) Schouw Pflanzengeographie S. 183.
55) Saussure Reisen IV, 175. §. 982 u. 983.

den über Ammon oberhalb des Wallenstädter Sees die Nußbäume in 2916′ Höhe, die Kirschen in 3337′, die Buchen in 4183′. Letzterer fand in Savoyen und Wallis für eben diese Gränzen respective 3564′, 4164′ und 4815′ Höhe [56]).

Mangel an Beobachtungen macht es mir unmöglich, über die Vertheilung des Regens außerhalb Europa etwas nur einigermaßen Genügendes mitzutheilen. Aus dem ganzen Gebiete der vereinigten Staaten kenne ich Regenmessungen an vier Orten; nur an einem einzigen ist es mir möglich, den Einfluß des Windes auf die Häufigkeit der Niederschläge zu bestimmen; jedoch umfassen diese Messungen von Williams zu Cambridge bei Boston [57]) nur eine Zeit von drei Jahren, und es scheinen daher nicht alle Anomalien entfernt. Darnach erhalten wir folgende Größen:

Wind	Von 100 Regenwinden kommen auf	Auf einen Regenwind gehen
N	15,3	3,2
NO	28,4	2,3
O	10,3	7,3
SO	6,4	3,3
S	14,3	3,6
SW	14,6	10,0
W	5,2	22,1
NW	5,5	21,1

Betrachten wir zunächst die absoluten Zahlen, so bilden NO und SW zwei Maxima, wir finden hier also eine Curve doppelter Krümmung, wie sie uns nur Erfurt in der Gruppe von Mitteleuropa zeigte; aber bei der großen Häufigkeit der westlichen Winde gehört der SW Wind zu den trockneren, indem er 10 Mal wehen muß, wenn es nur einmal regnen soll. Dagegen ist der vom Meere kommende NO Wind der feuchteste, jedoch nur vorzugsweise im Frühlinge zeichnet er sich durch reichliche Niederschläge aus, dann stürmt er Tage lang, Luftschichten von sehr ungleicher Wärme werden gemengt, und es regnet lange Zeit ohne

56) v. Buch in Gilbert's Annalen XLI, 48.

57) J. 1785 — 87 in den Mannheimer Ephemeriden.

Unterbrechung. Die große Trockenheit des Ostwindes hat ihren Grund wohl darin, daß die Ungleichheiten einzelner Jahre noch nicht entfernt sind.

Die wenigen Messungen des Niederschlages enthält die folgende Tafel.

Monat	Cambridge [58])	West-Chester [59])	Charlestown [60])	Marietta [61])
Januar	3'' 7''',9	2'' 7''',5	2'' 2''',2	1'' 10''',9
Februar	3. 1,1	3. 3,2	3. 4,4	4. 8,5
März	2. 10,2	3. 10,0	2. 9,6	4. 4,5
April	3. 1,9	3. 2,0	1. 7,4	3. 8,6
Mai	4. 10,2	4. 3,3	3. 5,1	2. 4,1
Junius	1. 9,2	4. 1,5	4. 7,5	4. 3,2
Julius	2. 1,2	4. 1,8	5. 1,7	4. 6,7
August	1. 11,4	4. 2,4	7. 1,4	2. 3,0
Septbr.	3. 11,7	3. 10,3	5. 11,4	1. 1,5
Octbr.	3. 3,1	3. 6,0	2. 10,3	3. 0,6
Novbr.	1. 7,5	3. 4,7	2. 1,1	1. 6,0
Decbr.	4. 2,8	3. 7,4	3. 9,6	5. 3,0
Jahr	36. 6,2	44. 0,1	44. 11,7	39. 0,6
Winter	30,1	21,6	20,8	30,4
Frühling	29,7	25,6	17,4	26,8
Sommer	16,0	28,4	37,5	28,4
Herbst	24,2	24,4	24,2	14,4

Nur Cambridge zeigt uns Verhältnisse, welche einigermaßen an die von England erinnern; schwache Sommer-, stärkere Herbst- und Winter-Regen, jene aber haben in West-Chester und noch mehr in Charlestown das Uebergewicht. Lining (l. l.) bemerkt, daß in Charlestown die Regen im Sommer besonders bei Gewittern reichlich sind; künftige Beobachtungen an einer größeren Zahl von Orten müssen entscheiden, ob wir in America vielleicht einen un-

58) 2jähr. Beob. (1785—86) von Williams in den Mannh. Ephem.

59) 10jähr. Beob. (1818—27) von Darlington in Silliman's Americ. Journ. of Sc. XIV, 29. Der Ort liegt 25 engl. Meilen westlich von Philadelphia. Die jährliche Regenmenge ist in Philadelphia geringer (ibid. 395), wovon der Grund wahrscheinlich in den häufigen bei West-Chester liegt.

60) In Süd-Carolina. 15jähr. Beob. (1738—52) von Lining in Phil. Trans. for 1753. p. 284.

61) In Ohio. 2jähr. Beob. (1826—27) von Hildreth in Silliman's Journ. XIV, 63. Nach 8jähr. Beob. (1818—25) von Joseph Wood beträgt die jährliche Regenmenge 40'' 1''',3; die in den einzelnen Monaten gefundenen Größen sind jedoch nicht mitgetheilt.

merklichen Uebergang von den Regenverhältnissen höherer Breiten zu denen der Aequinoctialgegenden finden, wie die obigen Messungen nebst denen in der Havannah zu beweisen scheinen, oder ob zwischen beiden eben so wie im südlichen Europa eine Region mit unbedeutenden Sommerregen (Portugal) vorhanden ist. Da die Winde in dem südlichen Theile der vereinigten Staaten nur im Sommer vorzugsweise vom südlichen Meere kommen (S. 240), so wäre es möglich, daß gerade dann die Niederschläge reichlicher würden und zwar desto mehr, je weiter wir nach Süden gehen, d. h. je entschiedener die Winde alsdann vom atlantischen Meere kommen.

Die Verhältnisse zu Marietta im Staate Ohio weichen völlig von denen in Europa ab; man sollte schwache Winter- und mehrfach stärkere Sommer-Regen erwarten, die obige Tafel zeigt das Gegentheil. Aus den Messungen an einem einzigen Orte läßt sich jedoch über die Verhältnisse eines großen Landes um so weniger ein allgemeines Resultat herleiten, da sie nur zwei Jahre umfassen, die zufälligen Anomalien also noch nicht entfernt sind. So sind die Regenmengen im Februar in beiden Jahren 3″,65 (engl.) und 6″,38, im December 2″,70 und 8″,50; hätten wir mithin nur die zuerst gegebenen Größen benutzt, so würden wir eine ganz andere Vertheilung gefunden haben.

Dagegen findet das für Europa gefundene Gesetz, daß an der Küste vorzugsweise Winterregen, tiefer landeinwärts Sommerregen angetroffen werden, noch in anderen Gegenden der Erde Statt. In Neu-Holland z. B. tritt die Regenzeit der östlich von den blauen Bergen liegenden Gegenden während der Wintermonate ein, östlich von dieser Bergkette geschieht es im Sommer. Oxley erklärt diese Erscheinung daraus, daß die im Winter vorherrschenden Westwinde die vom Meere aufsteigenden Dünste dahin zurücktreiben, diese aber von der östlichen Basis der blauen Berge angezogen, sich dort als Regen niederschlagen; die im Sommer anhaltenden Ostwinde treiben diese Dünste aber über die blauen Berge, deren westliche Basis sie dann anzieht [62]).

62) Cunningham Zwei Jahre in Neu-Südwales S. 99. Der Wechsel der Winde ist hier ähnlich dem in Nordamerica (S. 240) und an dem Nordrande von Africa (S. 201); die Ursache ist dieselbe, als dort.

Sollte diese Thatsache einst durch sorgfältige Messungen bestätigt werden, so würden wir hier in einem kleinen Raume dasselbe Verhalten finden, als in Scandinavien, und der Grund ist auch derselbe. Im Winter halten die Berge nebst den von ihnen herabsinkenden Winden die niedriger ziehenden Wolken und Dämpfe auf, im Sommer können letztere darüber fortgehen.

Eben so scheint das Verhalten an der Westküste von America zu seyn. In Califonien ist das Clima bei der russischen Colonie Roß sehr mild, aber der häufige Nebel an dieser Küste läßt die Gartengewächse nicht gedeihen. Einige Werst tiefer im Lande, wohin der Nebel nicht dringt, kommen die meisten südlichen Pflanzen gut fort. Im Sommer ist dort der NW Wind der vorherrschende und bei diesem regnet es nie [63]). Dasselbe gilt von Südamerica. In Conception ist der Winter die Jahreszeit des Regens [64]), während das Anschwellen der Flüsse im Sommer zeigt, daß dann die nasse Jahreszeit im Innern eingetreten sey [65]). Auch bemerkt Molina ganz bestimmt, daß es in Chili im Winter, östlich von den Anden im Sommer regne, während es in der letzteren Jahreszeit in Chili heiter ist [66]); der Grund der häufigen Regen im Mai, Junius, Julius und August scheint derselbe zu seyn, welcher oben für Europa angegeben wurde, ohne daß wir mit Lambert [67]) annehmen dürfen, daß bei südlicher Declination der Sonne die östlichen Abhänge der Berge die Dämpfe des atlantischen Meeres erhalten, während bei nördlicher die dann vorherrschenden Westwinde die Dämpfe des großen Oceans an der westlichen Seite der Anden condensiren. In den höheren Breiten, wo die Küste von Südamerica vielfach zerrissen und ausgezackt ist, scheinen ähnliche Verhältnisse angetroffen zu werden, als in den Fiorden von Norwegen; die Chiloe-Inseln, der Archipel Madre de Dios und die Westküste von Magellan's-Land gleichen wegen des vielen Regens einem ungeheuren Sumpfe [68]).

63) Kotzebue Neue Reise II, 68 u. 70.
64) Stevenson Reisen in Arauco I, 64.
65) Ibid. I, 99.
66) Molina Naturgesch. von Chili S. 20.
67) Annales de chimie XLII, 397.
68) Lambert l. l.

Diese Aenderung der Regenverhältnisse bei dem Uebergange von Europa's Westküste in das Innere des Continents vermögen wir auch noch zu erkennen, wenn wir die Zahl der Regentage mit einander vergleichen; dieser Uebergang erfolgt jedoch langsamer, und erst das Innere von Sibirien in Vergleich mit England läßt uns diesen Gegensatz des Continental- und See-Clima's deutlich erkennen. Ich will in der folgenden Tafel die Aufzeichnungen dieser Art mittheilen, wähle jedoch unter einer großen Menge von Orten nur diejenigen aus, an denen entweder bereits die Höhe des Regenwassers angegeben wurde, oder die mir wegen anderer Verhältnisse interessant schienen.

England.

Monat	Insel Man	Penzance	Lancaster	New-Malton	Kinfauns Castle
Januar	9,8	16,0	15,5	11,4	13,3
Februar	11,0	14,9	11,5	8,1	13,1
März	13,5	13,3	13,8	14,0	13,0
April	9,8	10,8	12,8	11,0	11,1
Mai	10,5	13,0	14,3	12,1	14,3
Junius	7,0	9,4	11,2	8,9	10,0
Julius	9,0	11,6	12,3	8,9	12,5
August	14,7	12,7	13,7	10,7	10,7
Septbr.	13,5	12,0	15,5	11,4	11,9
October	15,7	15,3	16,8	11,2	11,7
Novbr.	15,5	17,0	13,5	14,4	12,5
Decbr.	15,5	18,2	16,8	13,1	14,4
Jahr	145,5	164,2	167,7	135,2	148,5
Winter	25,0	29,9	26,1	24,1	27,5
Frühling	23,2	22,6	24,4	27,4	25,9
Sommer	21,1	20,5	22,3	21,1	22,3
Herbst	30,7	27,0	27,3	27,4	24,3

Im Mittel finden wir also in England 152 Regentage im Jahre; von diesen kommen auf den

Winter	26,5 Procent
Frühling	24,7
Sommer	21,5
Herbst	27,3

es hat mithin der Herbst entschiedenes Uebergewicht; im Sommer sind die wenigsten Regentage, gerade so wie die Menge des herabgefallenen Wassers am kleinsten war. Sehen wir die Zahl

der Regentage im Winter als Einheit an, so ist die im Sommer 0,801.

Vergleichen wir diese Zahl der Regentage mit den oben gegebenen Regenmengen, so finden wir, daß die an einem Tage herabfallende Menge Wasser nicht in allen Jahreszeiten gleich ist. Dividiren wir nämlich mit der Zahl der Regentage in die gefundenen Wassermengen, so erhalten wir folgende Größen:

Monat	Insel Man	Penzance	Lancaster	New-Malton	Kinfauns-Castle
Januar	3''',1	2''',5	2''',3	2''',2	1''',9
Februar	2,4	2,2	2,9	2,5	1,4
März	2,2	2,7	1,4	1,5	1,2
April	2,9	1,7	1,8	2,5	1,9
Mai	1,5	2,4	1,9	2,7	1,9
Junius	2,9	2,4	2,5	2,7	1,9
Julius	2,5	2,5	3,8	2,8	2,0
August	2,7	2,7	3,8	2,9	2,4
September	2,6	2,8	2,7	2,3	1,7
October	3,4	3,6	2,8	3,1	2,1
November	3,6	2,9	3,2	2,4	2,3
December	3,6	3,2	2,7	2,8	2,0
Jahr	2,8	2,6	2,7	2,5	1,9
Winter	3,0	2,6	2,7	2,5	1,8
Frühling	2,2	2,3	1,7	2,2	1,7
Sommer	2,7	2,5	3,4	2,8	2,1
Herbst	3,2	3,1	2,9	2,6	2,0

Nehmen wir das Mittel, so erhalten wir

Winter	3''',52
Frühling	2,02
Sommer	2,70
Herbst	2,76

Nahe eben so groß ist die Zahl der Regentage im westlichen Frankreich und den Niederlanden. Wir finden hier folgende Größen:

Monat	Bordeaux [68)]	la Rochelle	la Ballerie	Dax [69)]	Oleron [70)]	St. Maurice le Girard	Francker	Rotterdam	Breda	Middelburg
Januar	13	14	12	12	11	10	10,5	17	9	15,2
Februar	12	11	13	9	12	11	11,3	15	12	14,2
März	10	12	11	4	13	11	10,1	15	9	15,3
April	14	11	11	18	11	13	13,0	14	11	10,8
Mai	12	12	13	15	10	16	18,5	16	10	10,2
Junius	15	12	11	10	9	13	13,5	12	14	11,8
Julius	12	12	11	8	10	11	15,4	15	13	12,1
August	10	9	9	10	7	10	14,1	14	9	15,6
Septbr.	11	12	11	14	10	9	16,8	16	17	14,4
October	14	13	15	11	8	12	17,2	19	27	14,4
Novbr.	16	14	14	17	13	16	17,3	21	10	16,0
Decbr.	11	14	15	7	9	12	14,7	13	17	13,2
Jahr	150	146	146	135	123	144	172,4	187	158	163,2
Winter	24,0	26,7	27,4	20,7	26,0	22,9	21,2	24,1	24,0	26,1
Frühling	24,0	25,2	23,9	27,5	27,6	27,8	24,1	24,1	19,0	22,2
Sommer	24,7	22,5	21,2	20,7	21,1	23,6	24,9	21,9	22,8	24,2
Herbst	27,3	25,6	27,4	31,1	25,3	25,7	29,8	29,9	34,2	27,5

Im Mittel erhalten wir 152,5 Regentage während des Jahres; davon kommen auf den

Winter	24,3 Procent
Frühling	24,5
Sommer	22,8
Herbst	28,4

Eben so wie in England ist also der Herbst vorherrschend. Sehen wir die Zahl der Regentage im Winter als Einheit an, so ist die im Sommer 0,934, etwas größer als in England.

68) 10jähr. Beob. (1775—84) von Sarreau bei Cotte Mém. II, 269.

69) 5jähr. Beob. (1780—84) von Dufau bei Cotte Mém. II, 322.

70) In Bearn; 4jähr. Beob. (1782—85) von le Roy bei Cotte Mém. II, 322. — Für die übrigen Orte sind die Quellen bereits bei den Regenmengen angegeben.

Folgende Tafel enthält die Menge des an einem Regentage herabfallenden Wassers:

Monat	Bordeaux	la Rochelle	la Ballerie	St. Maurice le Girard	Franecker	Rotterdam	Breda	Middelburg
Januar	2''',2	2''',1	1''',7	2''',0	2''',1	1''',1	2''',2	2''',0
Februar	1,8	1,9	1,7	2,1	2,1	0,8	1,5	1,4
März	1,7	1,6	1,6	0,7	1,8	0,9	1,6	1,2
April	1,5	1,6	1,8	0,6	1,2	1,4	1,2	1,0
Mai	2,0	1,7	1,8	1,4	1,3	1,5	2,6	1,3
Junius	2,0	1,6	1,4	1,8	2,0	1,4	1,6	2,2
Julius	1,8	1,7	1,9	1,1	2,4	1,7	2,6	1,9
August	1,9	1,7	1,8	1,7	2,4	2,2	1,6	3,0
Septbr.	1,7	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,2	2,7
October	2,0	2,8	2,7	3,4	1,9	1,3	0,9	2,3
Novbr.	1,9	2,5	2,2	2,5	2,5	1,0	4,2	1,7
Decbr.	2,7	2,2	2,3	3,2	2,0	0,9	1,8	1,2
Mittel	1,9	1,9	2,0	1,9	2,0	1,4	2,0	1,8
Winter	2,2	2,0	1,9	2,4	2,1	0,9	1,8	1,5
Frühling	1,7	1,6	1,8	0,9	1,4	1,3	1,8	1,2
Sommer	1,9	1,7	1,7	1,5	2,3	1,8	1,9	2,4
Herbst	1,9	2,5	2,4	2,7	2,2	1,5	2,4	2,2

Die Wassermenge, welche an einem Regentage herabfällt, beträgt demnach im Durchschnitte

Winter	1''',85
Frühling	1,46
Sommer	1,90
Herbst	2,23

Die tägliche Regenmenge ist etwas geringer als in England, aber das Verhältniß zwischen den einzelnen Jahreszeiten ist nahe dasselbe geblieben.

Für das Innere von Frankreich und den Niederlanden gilt folgende Vertheilung der Regentage während des Jahres:

Monat	Poitiers	Paris	Mont-morenci	Brüssel	Troyes	Mühl-hausen	Hagenau
Januar	10	11,2	12	14,8	12	13	15
Februar	8	11,9	12	13,3	10	11	13
März	7	11,6	11	11,9	9	10	10
April	8	12,3	12	11,2	16	19	17
Mai	10	14,9	13	13,6	13	16	16
Junius	9	14,6	13	12,7	10	13	8
Julius	7	14,9	13	15,1	10	12	10
August	6	11,1	10	11,1	12	15	16
Septbr.	8	13,1	12	12,2	11	13	13
October	9	13,9	12	13,7	10	13	17
Novbr.	9	15,3	15	13,5	17	18	19
Decbr.	8	14,9	13	15,3	10	11	9
Jahr	99	159,7	148	158,4	140	164	163
Winter	26,8	23,8	25,0	27,4	22,9	21,3	22,7
Frühling	25,2	24,3	24,3	23,2	27,1	27,4	26,4
Sommer	22,2	25,4	24,3	24,6	22,9	24,4	20,9
Herbst	26,3	26,4	26,3	24,8	27,1	26,9	30,0

Im Mittel erhalten wir hier also jährlich 147 Regentage und diese sind hier folgendermaßen vertheilt:

Winter	24,2 Procent
Frühling	25,4
Sommer	23,5
Herbst	26,9

Daraus ergeben sich folgende Größen für die an einem Tage herabfallende Regenmenge:

Monat	Poitiers	Paris	Mont-morenci	Brüssel	Troyes	Mühl-hausen	Hagenau
Januar	1''',7	1''',5	1''',8	0''',7	1''',7	1''',9	1''',7
Februar	1,6	1,5	1,5	1,0	1,1	2,1	1,8
März	1,2	1,1	1,8	1,4	1,5	1,5	2,0
April	2,9	1,9	1,3	1,3	1,5	2,6	1,2
Mai	2,1	1,8	2,2	1,4	2,8	2,2	1,4
Junius	3,8	1,9	2,2	1,8	2,6	3,0	4,1
Julius	3,3	1,8	1,9	1,5	2,4	1,8	1,3
August	4,4	2,1	2,1	1,9	2,1	2,5	2,4
Septbr.	4,0	1,7	1,9	2,0	1,9	1,6	2,8
October	2,1	1,2	1,6	1,3	1,2	2,1	1,3
Novbr.	3,1	1,4	1,5	1,1	2,2	2,2	2,1
Decbr.	2,7	1,1	1,3	1,1	1,9	1,6	1,6
Mittel	2,7	1,6	1,8	1,4	1,8	2,1	1,9
Winter	2,0	1,4	1,5	0,9	1,6	1,9	1,5
Frühling	2,1	1,6	1,8	1,4	1,9	2,1	1,5
Sommer	3,8	1,9	2,1	1,7	2,4	2,4	2,6
Herbst	3,1	1,4	1,7	1,5	1,4	2,0	2,1

Wenn die Herbstregen im Innern von Frankreich auch noch das Uebergewicht haben, sind sie doch nicht mehr so vorherrschend als im westlichen Theile; die Regentage im Sommer sind fast eben so häufig als im Winter; werden diese mit 1 bezeichnet, so sind jene 0,971. Eine ähnliche Aenderung zeigt uns die an einem Tage herabgefallene Wassermenge; es beträgt dieselbe im

Winter	1''',54
Frühling	1,63
Sommer	2,41
Herbst	1,89

sie ist also im Frühlinge und Sommer größer, im Winter und Herbste dagegen kleiner geworden. Beide Aenderungen treten in Deutschland noch auffallender hervor. Es ist hier nämlich die Zahl der Regentage an verschiedenen Orten

Monat	Mannheim	Carlsruhe	Stuttgart	Würzburg	Regensburg	München[71]	Ander	Tegernsee
Januar	12,6	15	10,6	12,9	9,5	13,0	11,7	12,7
Februar	12,9	14	10,8	12,0	10,6	14,2	13,5	14,1
März	11,3	14	7,8	11,9	8,1	13,1	11,3	14,0
April	11,7	14	10,8	10,5	7,3	12,1	11,2	14,0
Mai	12,1	14	12,0	10,5	8,5	11,1	13,2	14,6
Junius	13,3	14	12,8	12,1	10,8	14,3	13,9	18,1
Julius	12,9	16	10,4	11,1	13,5	14,7	15,8	17,3
August	13,5	13	11,8	11,1	12,1	11,9	14,2	16,6
Septbr.	11,4	11	10,6	9,0	8,3	10,3	10,2	11,9
October	12,0	13	8,6	8,2	9,3	10,8	10,8	13,7
Novbr.	12,0	16	10,2	9,9	8,2	11,9	10,7	12,1
Decbr.	12,8	17	11,0	10,3	9,1	12,0	10,7	10,6
Jahr	148,5	174	127,4	129,5	115,3	149,4	147,2	169,7
Winter	25,8	26,9	25,4	27,2	25,3	26,2	24,4	22,0
Frühling	23,7	24,5	24,0	25,4	20,7	24,3	24,3	25,1
Sommer	26,7	25,2	27,5	26,5	31,6	27,4	29,8	30,6
Herbst	23,8	23,4	23,1	20,9	22,4	22,1	21,5	22,2

71) 12jähr. Beob. (1781—92) von Huebpauer in den Mannheimer Ephemeriden.

Monat	Peißenberg	Hamburg	Curhaven [72]	Göttingen	Berlin [73]	Sagan	Prag	Erfurt
Januar	12,7	9,6	11,3	11,5	15,3	16,5	10,5	10,1
Februar	13,1	10,0	12,5	14,8	15,5	18,7	12,0	11,0
März	12,7	12,0	8,9	16,0	14,5	17,2	11,4	11,9
April	12,5	10,7	10,2	13,7	11,8	12,3	11,8	8,8
Mai	14,5	11,8	12,2	12,3	12,7	15,2	10,9	10,6
Junius	17,9	11,4	10,0	15,5	10,3	15,0	10,2	10,9
Julius	16,8	13,6	12,6	18,5	15,9	17,8	14,1	13,4
August	15,9	13,5	11,8	18,5	16,6	17,5	13,2	12,1
Septbr.	11,9	9,3	11,5	14,2	12,3	14,2	9,1	10,6
October	12,1	9,3	13,8	15,2	9,9	14,3	10,1	11,4
Novbr.	12,0	11,6	15,0	14,8	11,4	15,7	9,9	10,4
Decbr.	11,3	12,2	15,0	14,5	13,4	17,7	9,7	9,9
Jahr	163,4	135,0	145,0	179,5	159,6	192,1	133,0	131,1
Winter	22,7	23,6	26,8	22,8	27,7	27,5	24,2	23,6
Frühling	24,3	25,6	21,6	23,4	27,4	23,3	25,6	24,0
Sommer	30,9	28,5	23,7	29,3	26,9	26,2	28,2	27,7
Herbst	22,0	22,5	27,8	24,6	21,0	23,0	22,0	24,7

Es ist nicht zu verkennen, daß die Zahl der Regentage an mehreren Punkten wegen benachbarter Höhen sehr groß ist, und daß daher die Differenzen wenig entfernter Orte so bedeutend werden; deshalb scheint die mittlere Zahl von Regentagen (150) für Deutschland etwas zu groß, zumal da die meisten Beobachtungsorte im bergigen Theile des südlichen Deutschlands liegen. Bezeichnen wir die Zahl der Regentage mit 100, so kommen auf den

Winter	25,1	Procent
Frühling	24,0	
Sommer	27,9	
Herbst	23,0	

Es hat also in Deutschland bereits der Sommer das Uebergewicht erhalten, und das Minimum findet im Herbste Statt; sehen wir die Zahl der Regentage im Winter als Einheit an, so wird die im Sommer 1,112. Bei Vergleichung der Regenmengen fanden wir, daß die Erhebung über die Oberfläche des Meeres eine ähnliche Zunahme der Sommeregen zeigte, als

72) Bei Buek, Hamburgs Clima und Witterung S. 106.

73) 6½jährige Beob. (Jul. 1781 — Dec. 87) von Béguelin in den Mannheimer Ephemeriden.

die Entfernung von der Küste. Dasselbe finden wir auch hier. Stellen wir im südlichen Deutschland einerseits Würzburg, München und Regensburg, andrerseits die höher liegenden Punkte Ander, Peißenberg und Tegernsee zusammen, so erhalten wir folgende Vertheilung der Regentage:

	Niedere Gruppe	Höhere Gruppe
Winter	26,2	23,1 Procent
Frühling	23,5	24,6
Sommer	28,1	30,4
Herbst	21,9	21,9

Während die Verhältnisse im Frühlinge und Herbste nahe übereinstimmen, wird die relative Zahl der Regentage in der höheren Gruppe im Winter kleiner, im Sommer größer; bezeichnen wir dieselbe im Winter mit 1, so ist sie im Sommer unten 1,109, oben 1,316. Der Grund dieser Differenz ist derselbe, welcher oben angegeben wurde.

Berechnen wir hiernach die an einem Regentage herabfallende Wassermenge, so erhalten wir folgende Größen:

Monat	Mannheim	Carlsruhe	Stuttgart	Würzburg	Regensburg	Ander
Januar	1‴,5	1‴,1	1‴,3	1‴,3	1‴,6	2‴,6
Februar	1,0	1,6	2,1	1,5	1,3	1,3
März	1,4	1,5	2,0	1,5	1,5	2,2
April	1,9	1,4	1,5	1,2	1,6	2,1
Mai	1,8	1,9	2,1	1,4	2,5	1,8
Junius	2,3	2,0	3,0	1,6	2,7	3,8
Julius	2,1	2,2	2,3	1,3	2,9	2,7
August	1,8	2,2	2,8	1,3	2,8	3,4
Septbr.	2,1	2,3	2,8	1,7	2,9	1,5
October	1,9	1,8	2,6	1,3	1,9	1,5
Novbr.	1,4	1,6	2,2	1,2	2,0	1,5
Decbr.	1,2	1,5	2,0	1,0	2,2	1,6
Mittel	1,7	1,8	2,2	1,4	2,2	2,1
Winter	1,2	1,4	1,8	1,3	1,7	1,8
Frühling	1,7	1,6	1,9	1,4	1,9	2,0
Sommer	2,1	2,1	2,7	1,4	2,8	3,3
Herbst	1,8	1,9	2,5	1,4	2,3	1,5

Monat	Tegernsee	Peißenberg	Göttingen	Erfurt	Sagan	Prag
Januar	2''',1	0''',8	1''',5	0''',6	0''',7	0''',5
Februar	2,6	0,9	1,5	0,9	0,7	1,2
März	2,1	0,8	1,1	0,6	0,7	0,7
April	2,0	1,0	1,6	1,3	0,9	0,8
Mai	2,8	2,0	1,5	1,4	0,8	2,3
Junius	4,5	2,3	1,9	1,3	1,5	0,5
Julius	4,6	2,6	2,0	1,6	1,5	1,1
August	4,4	2,2	2,2	2,2	1,3	3,2
Septbr.	3,5	1,7	2,3	1,2	0,9	1,8
October	3,1	1,4	1,6	0,9	1,2	1,7
Novbr.	1,9	0,8	1,7	0,9	0,9	2,1
Decbr.	2,2	1,0	1,4	0,7	0,8	0,4
Mittel	3,0	1,5	1,7	1,1	1,0	1,4
Winter	2,3	0,9	1,4	0,7	0,7	0,7
Frühling	2,3	1,3	1,3	0,1	0,8	1,3
Sommer	4,5	2,4	2,0	1,7	1,4	1,6
Herbst	2,8	1,3	1,9	1,0	1,0	1,9

Nehmen wir das Mittel dieser Größen, so beträgt die täglich herabfallende Wassermenge im

Winter	1''',32
Frühling	1,55
Sommer	2,33
Herbst	1,78

Aus dem Innern von Rußland und den übrigen Theilen des östlichen Europa kenne ich nur wenige Beobachtungen; werden diese näher verglichen, so finden wir im westlichen Theile von Rußland viele Regentage, aber ihre Zahl wird geringer, wenn wir östlich nach Sibirien und nördlich von Petersburg durch Finnland am bottnischen Meerbusen nach Norden gehen. Die folgende Tafel enthält die Resultate der Beobachtungen:

Zeit	Ofen	Warschau[74]	Petersburg[75]	Abo	Laihela[76]	Uleaborg[77]
Januar	9,2	11,0	12,8	13,1	11,7	4,7
Februar	9,9	13,0	11,1	12,1	9,3	7,9
März	11,3	12,3	10,8	13,0	10,5	6,8
April	9,8	8,0	12,1	10,0	7,2	7,4
Mai	8,9	9,0	14,4	10,1	7,8	8,5
Junius	10,1	6,0	16,0	9,0	8,8	9,7
Julius	8,5	17,5	14,3	12,7	13,8	8,4
August	7,8	10,0	15,7	12,4	10,5	8,5
Septbr.	7,7	6.5	15,6	9,1	10,0	10,6
October	9,4	14,5	16,2	13,2	11,8	8,1
Novbr.	9,2	14,3	16,2	16,6	12,5	8,4
Decbr.	9,9	16,0	12,7	14,8	9,5	7,0
Jahr	111,7	138,1	167,9	146,1	123,4	96,0
Winter	25,9	28,9	22,0	27,3	24,6	20,4
Frühling	26,9	21,2	22,3	22,7	20,6	23,6
Sommer	23,6	24,3	27,4	23,3	27,0	27,8
Herbst	23,7	25,5	28,3	26,7	27,8	28,2

Zeit	Moscau[78]	Kasan[79]	Irkutzk[80]	Nertschinsk[81]	Jakutzk[82]
Januar	19,7	7,0	1,0	1,4	1
Februar	17,8	8,0	3,0	1,6	4
März	15,0	7,5	2,5	3,4	4
April	11,6	7,2	4,0	5,7	5
Mai	16,7	8,0	10,5	8,2	6
Junius	17,1	6,8	9,0	7,2	6
Julius	17,7	5,8	9,0	9,7	11
August	16,6	5,2	7,0	8,8	5
Septbr.	12,7	7,5	4,0	3,5	8
October	19,0	8,7	4,0	4,5	4
Novbr.	21,3	8,8	3,0	3,7	5
Decbr.	20,0	9,8	5,5	2,0	1
Jahr	205,2	90,3	62,5	59,7	60
Winter	28,1	27,5	15,2	8,4	10,0
Frühling	21,1	25,1	27,2	28,9	25,0
Sommer	25,0	19,7	40,0	43,0	36,7
Herbst	25,8	27,7	17,6	19,7	28,3

Ofen

74) 3 sehr unvollständige Jahre (1760—63) von Guettard bei Cotte Mém. II, 584.

75) 10jähr. Beob. (1783—92) von A. Euler in den Mannh. Ephemeriden. — Die in jedem Bande der Petersburger Abhandlungen gegebenen Größen lassen sich nicht benutzen, weil Regen- und Schneetage mitgetheilt werden, ohne daß gesagt ist, ob Tage, an denen es zugleich regnete und schneite, blos zu den Regen- oder Schneetagen oder zu beiden gezählt werden.

76) 4jähr. B. (1751—54) von Stjerwal in d. Schwed. Abh. XX, 120.

77) 12jähr. B. (1776—87) von Julin in d. neuen Schwed. Abh. X, 101.

78) 7j. B. (1785—89, 91—92) von Stritter in den Mannh. Ephem.

79) 4jähr. Beob. in Erdmann Beitr. zur Kenntn. d. Innern von Rußland I, 176.

80) 2jähr. B. (1771—72) von Wachsmann in Georgi Reise I, 129.

81) 5jähr. Beob. (1768—72) von Sachert ib. I, 427—436.

82) 1jähr. Beob. von Islenieff in Nova Acta Petrop. X, 474.

Ofen zeigt uns eine bedeutend geringere Zahl von Regentagen, als Deutschland; aber größer als man erwartet ist sie in Petersburg und noch mehr in Moscau. Die Vergleichung mit den andern Punkten zeigt, daß hier Ursachen, zu deren Kenntniß Beobachtungen von weit mehr Orten erforderlich sind, die Zahl der Regentage sehr vergrößern. Auch deuten alle Umstände darauf, daß wir es hier mit schwachen Niederschlägen zu thun haben. Denn suchen wir die täglich herabfallende Regenmenge auf, so erhalten wir folgende Größen:

Monat	Petersburg	Abo
Januar	0''',7	1''',2
Februar	0,8	1,4
März	0,9	1,5
April	1,0	1,7
Mai	1,1	1,6
Junius	1,6	1,8
Julius	1,9	2,4
August	1,5	2,9
September	1,9	4,0
October	1,2	2,7
November	0,9	1,9
December	0,8	1,2
Mittel	1,2	2,1
Winter	0,8	1,3
Frühling	1,0	1,6
Sommer	1,7	2,4
Herbst	1,3	2,9

Wenn demnach auch in Petersburg die Zahl der Regentage sehr groß ist, so ist doch die Menge des bei jedem Niederschlage herabfallenden Wassers sehr unbedeutend. Der Grund aber von dieser Häufigkeit der Niederschläge scheint darin zu liegen, daß wir uns in Petersburg an der Gränze zweier Climate befinden. Fast bei jedem Winde regnet es dort gleich häufig; es regnet bei östlichen Winden dem Charakter des schwedischen Clima's zufolge, bei westlichen Winden dem Charakter des mitteleuropäischen Clima's gemäß. Und eine eben solche Zusammenwirkung dieser Ursachen

scheint auch in Moscau, wo ebenfalls fast gar kein entschiedener Regenwind vorherrscht, die ungeheure Zahl von 205 Regentagen zu erzeugen. Gehen wir aber weiter nach Norden, wo der Gegensatz der Winde entschiedener hervortritt, oder weiter nach Osten, wo die Beobachtungen vielleicht einen eben so vorherrschenden Regenwind zeigen würden, dann wird die Zahl der Regentage kleiner, die Sommerregen vorherrschender, wie uns dieses besonders die Orte in Sibirien zeigen; denn nehmen wir das Mittel an diesen drei Punkten, so erhalten wir

Winter	11,2	Procent
Frühling	27,0	
Sommer	39,9	
Herbst	21,9	

Es sind hier die Winterregen also fast ganz verschwunden, in Nertschinsk vergehen im Winter ganze Monate, ohne daß es regnet oder schneit [83]), und eben so ist es auch noch im östlichen Sibirien: vom Herbste bis zum April sieht man hier kaum eine Wolke, vollkommen heiter und glänzend geht die Sonne auf und unter [84]).

Da ich aus Scandinavien nur in dem einzigen Stockholm die Zahl der Regentage kenne, so übergehe ich diese um so mehr, da keine Vergleichung mit andern Punkten möglich ist. Ehe ich mich jedoch zu dem Becken des Mittelmeeres wende, will ich die an einem Regentage herabfallende Wassermenge in dem bisher betrachteten Theile von Europa näher vergleichen. Wir haben folgende Größen gefunden:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
England	2''',52	2''',02	2''',70	2''',76
Westliches Frankreich	1,85	1,46	1,90	2,23
Inneres Frankreich	1,54	1,63	2,41	1,89
Deutschland	1,32	1,56	2,33	1,78
Petersburg	0,77	1,00	1,67	1,33

83) Georgi l. l.

84) Hansteen in Bibl. univ. XLII, 260.

In England ist ein regniger Herbsttag derjenige, an welchem das meiste Wasser herabfällt; dasselbe ist noch an den Küsten Frankreichs und der Niederlande der Fall. So wie wir aber weiter nach Osten gehen, wird das Uebergewicht der an einem Sommertage herabfallenden Wassermenge immer größer. Wird die an einem Regentage im Winter herabfallende Wassermenge als Einheit angesehen, so erhalten wir für einen Sommerregen folgende Größen:

England	1,07
Westliches Frankreich . . .	1,03
Inneres Frankreich . . .	1,57
Deutschland	1,76
Petersburg	2,17.

Wir haben für einen Regentag einen jeden ausgegeben, an welchem es, wenn auch nur kurze Zeit, regnet. Um nun die Climate in Beziehung auf die täglich herabfallende Regenmenge zu vergleichen, wäre erforderlich, daß bei jeder gemessenen Wasserhöhe zugleich die Zahl von Stunden angegeben wäre, in welchen es regnete, damit man in den Stand gesetzt würde, die Dichtigkeit des Regens in verschiedenen Gegenden und Jahreszeiten zu bestimmen. Bis jetzt fehlt es ganz an Vorarbeiten zu einer solchen Untersuchung. Sehen wir, daß in England die täglich im Winter herabfallende Regenmenge fast eben so groß ist, als im Sommer, während sie in Petersburg nur halb so groß ist, so kann dieses von einer ungleichen Dauer des Regens oder von einer ungleichen Größe und Dichtigkeit der Tropfen herrühren. Viele Erfahrungen zeigen nun, daß in Deutschland die in derselben Zeit herabfallende Regenmenge im Sommer meistens weit größer ist, als im Winter; die Dampfmenge ist zu jener Zeit weit größer als zu dieser, und dieses wird wegen der Temperaturdifferenz beider Jahreszeiten wohl in den meisten Gegenden der Erde der Fall seyn. Wenn nun in England die tägliche Regenmenge in beiden Jahreszeiten nahe gleich ist, so müssen wir nothwendig annehmen, daß die Dauer eines Regens im Winter größer ist, als im Sommer; da die Zeit, während welcher es regnet, von der Zeit der Bewölkung abhängt, so wird es wahrscheinlich, daß der Himmel in England im Winter eine längere Zeit bewölkt ist, als im Som-

mer; eben dieses geht auch aus der größeren Zahl von Regentagen im Winter hervor. Je weiter wir aber ins Innere des Continents gehen, desto mehr erhält der Sommer das Uebergewicht, desto häufiger wird die Bewölkung des Himmels im Sommer in Vergleich mit dem Winter, bis jene endlich im Innern von Sibirien das Uebergewicht im Allgemeinen zu erhalten scheint.

Wenn wir uns zu der Gruppe des mittelländischen Meeres wenden, so erkennen wir auch in der Zahl der Regentage im südlichen Frankreich den Einfluß des oberen von Africa kommenden Luftstromes. Während es im Winter häufiger regnet, wird die Zahl der Regentage im Sommer kleiner, und dadurch erreicht die Zahl sämmtlicher Regentage während des ganzen Jahres nur eine geringe Größe. Die Beobachtungen im Rhonethal und an einigen Punkten der Schweiz geben folgende Größen:

Zeit	Marseille [85])	Montpellier [86])	Agde [87])	Arles	Viviers	Joyeuse	Dijon
Januar	6,2	7	7	9	8,6	8,3	7
Februar	4,9	5	7	8	7,0	7,7	8
März	6,4	5	3	14	7,9	7,0	10
April	4,8	7	5	6	9,1	8,5	8
Mai	3,6	7	5	8	8,4	10,6	14
Junius	3,2	6	6	6	7,6	7,7	9
Julius	2,6	4	3	6	5,7	6,4	16
August	1,9	5	1	7	4,9	5,3	5
September	4,1	8	7	11	7,5	7,6	7
October	7,0	7	11	7	10,5	9,8	11
November	8,5	6	7	9	10,8	9,2	15
December	7,0	7	2	16	10,0	9,4	14
Jahr	60,2	74	64	107	98,0	97,5	124
Winter	30,1	25,7	25,0	80,8	26,1	26,1	23,4
Frühling	24,6	25,7	20,3	26,2	25,9	26,8	25,8
Sommer	12,8	20,3	15,6	17,8	18,6	19,9	24,2
Herbst	32,5	28,3	89,1	25,2	29,4	27,2	26,6

85) 11jähr. Beob. 1782—92) von Sylvabelle in den Mannheimer Ephemeriden.

86) 11jähr. Beob. 1775—85) von Mourgue bei Cotte Mém. II, 465.

87) 4jähr. Beob. (1777—80) von Mouton bei Cotte Mém. II, 193.

Zeit	Vienne[88])	Montauban	Mont-Louis[89])	Rhodez[90])	Mezin[91])	Genf[92])	St. Gotthardt[93])
Januar	11	4	8	11	12	13,7	11,8
Februar	9	6	10	6	10	12,0	9,5
März	8	7	6	9	10	16,7	12,7
April	11	7	12	12	19	13,7	12,5
Mai	11	9	10	9	15	15,5	15,2
Junius	12	5	10	7	14	13,8	17,3
Julius	8	3	5	5	15	11,3	14,8
August	7	3	7	7	11	15,0	15,2
Septbr.	8	4	6	6	12	11,5	13,6
October	11	7	7	9	16	9,7	14,3
Novbr.	10	9	10	13	17	12,8	12,4
Decbr.	8	6	6	8	10	10,0	11,8
Jahr	114	70	97	102	161	155,7	161,1
Winter	24,6	22,9	24,8	24,5	19,9	22,9	20,5
Frühling	26,3	32,9	28,8	29,4	27,3	29,5	25,1
Sommer	23,7	15,7	22,7	18,6	24,8	25,7	29,4
Herbst	25,4	28,5	23,7	27,5	28,0	21,9	25,0

In den am Meere gelegenen Orten ist die Zahl der Regentage im Sommer sehr klein; nehmen wir das Mittel der Aufzeichnungen zu Marseille, Montpellier und Agde, so erhalten wir

Jahr	66	Regentage
Winter	26,9	Procent
Frühling	23,5	
Sommer	16,2	
Herbst	33,3	

Es hat also hier der Herbst ein großes Uebergewicht und doppelt so viel Regentage als der Sommer; jenes Uebergewicht des Herbstes findet zwar auch in derselben Breite am atlantischen Meere Statt, aber bedeutend größer ist die jährliche Zahl der

88) 6jähr. Beob. (1777—82) von Révolot bei Cotte Mém. II, 590.

89) 5jähr. Beob. von Barrera bei Cotte Mém. II, 437.

90) 4jähr. Beob. (1779, 80, 82, 84) von Flaugergues bei Cotte Mém. II, 524.

91) 8jähr. Beob. (1778—85) von Gallé bei Cotte Mém. II, 427.

92) 6jähr. Beob. (1782—86, 89) von Sénebier in den Mannheimer Ephemeriden.

93) 11jähr. Beob. (1782—92) von Onuphrius in den Mannheimer Ephemeriden.

Regentage, und ganz anders ihre Vertheilung. Bordeaux, Dax und Oléron in Bearn gaben uns im Mittel

Jahr	136 Regentage
Winter	23,6 Procent
Frühling	26,4
Sommer	22,1
Herbst	27,9

Hätten wir am nördlichen Abhange der Pyrenäen eine hinreichende Zahl von Aufzeichnungen, so würde sich dieser Uebergang aus einem Clima in ein anderes wahrscheinlich von Ort zu Ort leicht verfolgen lassen. Die Vertheilung der Regentage zu Montauban, Mont-Louis, Rhodez und Mezin zeigt uns diesen Uebergang ziemlich bestimmt. Wir erhalten hier nämlich

Winter	23,0 Procent
Frühling	29,6
Sommer	20,5
Herbst	26,9

Eine genauere Untersuchung über die Windverhältnisse und namentlich ihre Abhängigkeit von den Jahreszeiten in diesen Gegenden würde vielleicht den Grund für die Häufigkeit der Regentage im Frühlinge angeben. Indem der Wind dann mehr nach Norden geht, scheinen die Dämpfe südlich an den Höhen condensirt zu werden und erst bei der höheren Temperatur des Sommers über diese häufiger fortzuziehen. Bleiben wir bei dem Verhältnisse der Regentage im Winter und Sommer stehen, so erhalten wir dafür am mittelländischen Meere 0,602, am atlantischen Meere 0,928, und in der Mitte zwischen beiden 0,891; es ist dieser Uebergang also nicht zu verkennen.

Und eine völlig ähnliche Aenderung des Clima's zeigt sich, wenn wir die Rhone aufwärts steigen; mit der jährlichen Zahl der Regentage nimmt zugleich die Häufigkeit der Sommerregen zu. Dieses zeigen uns Viviers und Joyeuse, noch tiefer landeinwärts Dijon und Vienne, wo die Regentage im ganzen Jahre ziemlich gleichförmig vertheilt sind. In Genf und noch mehr auf dem St. Gotthardt haben die Sommerregen bereits das Uebergewicht über die Winterregen erhalten.

leiten wir aus dieser Zahl der Regentage und den oben gegebenen Regenmengen die Größe des Niederschlages an einem Tage her, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Zeit	Marseille	Montpellier	Arles	Viviers	Joyeuse	Dijon	Genf
Januar	2''',9	4''',9	1''',8	3''',4	5''',1	2''',9	1''',9
Februar	2,2	4,0	3,0	2,9	4,6	1,4	1,8
März	3,2	5,5	2,2	2,9	4,0	1,8	1,3
April	3,6	3,8	2,0	3,5	5,0	3,0	1,6
Mai	4,8	3,9	2,3	4,2	6,0	2,3	2,3
Junius	4,5	3,7	1,2	4,1	3,8	2,9	2,6
Julius	2,7	2,4	0,7	4,0	4,0	2,5	3,5
August	5,2	3,0	2,4	5,8	6,1	3,2	2,1
Septbr.	8,7	4,1	2,2	6,6	8,9	2,8	2,6
October	5,9	8,9	6,6	5,4	9,6	3,5	3,6
Novbr.	3,9	6,4	3,6	4,6	7,6	1,8	2,5
Decbr.	3,3	7,0	2,1	2,9	4,1	1,4	2,9
Mittel	4,3	4,8	2,8	4,2	5,7	2,5	2,4
Winter	2,8	5,3	2,3	3,1	4,6	1,9	2,2
Frühling	3,9	4,4	2,2	3,5	5,0	2,4	1,7
Sommer	4,1	3,0	1,5	4,6	4,6	2,9	2,7
Herbst	6,2	6,5	5,1	5,5	8,7	2,7	2,9

Wenn die Zahl der Regentage in dem südlichen Theile des Rhonethales auch klein, der Himmel einen großen Theil des Jahres heiter ist, so sind dafür die einzelnen Niederschläge im Durchschnitte desto reichlicher; die Pflanzen erhalten dadurch hinreichende Nahrung, und die Quellen werden genügend gespeist; fand aber einmal ein Niederschlag Statt, dann vergehen Wochen und oft Monate, ehe es im Sommer aufs Neue regnet. Im Herbste wird dann mit der Zahl der Regentage zugleich die täglich herabfallende Wassermenge größer; da die Wärme des Landes nun geringer wird, als die des südlicher liegenden Meeres, so muß die Richtung der Winde in dieser Jahreszeit eine Abänderung erleiden. Dieses Vorherrschen der Herbstregen läßt sich noch bis Genf verfolgen, und entschiedener als bei der Vertheilung der ganzen Wassermenge im Jahre erkennen wir an diesem Orte den Einfluß des mittelländischen Meeres; wenig größer als im Winter ist die tägliche Wassermenge im Sommer, während das innere Frankreich ein bedeutenderes Uebergewicht der Sommerregen zeigt.

In Italien zeigt sich ein ähnliches Verhältniß in den verschiedenen Gegenden, und es wird dadurch eben so wie in Frankreich der bereits oben (S. 481) angegebene Grund für die ver-

schiedenen Vegetationsverhältnisse wenig entfernter Gegenden bestätigt. Wir finden hier nämlich folgende Zahl von Regentagen.

Monat	Rom	Padua	Turin
Januar	11,6	10,2	6,9
Februar	10,4	7,9	4,8
März	13,4	10,3	7,6
April	11,8	11,7	9,1
Mai	9,2	11,2	11,3
Junius	7,0	13,1	8,4
Julius	4,0	8,9	5,9
August	4,3	9,1	4,8
September	7,0	7,9	5,5
October	13,0	10,8	7,6
November	13,3	12,3	7,9
December	15,0	12,6	6,7
Jahr	120,0	126,0	86,5
Winter	30,8	24,4	21,2
Frühling	28,7	26,4	32,4
Sommer	12,7	24,7	22,1
Herbst	27,8	24,6	24,3

Während in dem westlichen Theile der Halbinsel die Zahl der Regentage im Sommer sehr klein ist, sind diese Tage in Padua im ganzen Jahre ziemlich gleichförmig vertheilt, und eben dieses scheint von Turin zu gelten, wo freilich die geringe Zahl von Regentagen das Resultat etwas verdächtig macht.

Eben diese Regenlosigkeit des Sommers scheint allenthalben um das mittelländische Meer vorherrschend zu seyn. Von ausführlicheren Journalen kenne ich nur zwei, das von Falbe vom Julius 1824 bis October 1827 zu Tunis [94]), und das von Russel zwei Jahre hindurch zu Aleppo [95]), obgleich der letztere Ort schon zu weit von der Küste entfernt ist, um noch hieher gerechnet zu werden. Diese beiden Orte zeigen folgende Verhältnisse:

94) Poggendorff's Annalen XIV, 627.
95) Cotte Mém. II, 196.

Monat	Aleppo	Tunis
Januar	10	13,0
Februar	7	8,0
März	6	8,3
April	8	5,7
Mai	4	5,3
Junius	1	3,0
Julius	0	1,0
August	0	3,7
September	2	5,8
October	3	9,7
November	5	8,0
December	8	8,7
Jahr	54	80,2
Winter	46,3	37,0
Frühling	33,3	24,1
Sommer	1,9	9,6
Herbst	18,5	29,3

Wahrscheinlich gilt auch ganz dasselbe von Griechenland. Auf Kreta kann man vom Anfang Mai gewöhnlich und sicher darauf rechnen, daß bis Ende August auch nicht das mindeste Wölkchen am Himmel wahrgenommen wird [96]); eben so regnet es in Unter-Aegypten, namentlich in Alexandrien vorzugsweise im Winter, besonders vom December bis April [97]); ganz dasselbe findet im peträischen Arabien Statt [98]). In Mesopotamien scheint eine ähnliche Vertheilung der Regentage durch die syrische Wüste erzeugt zu werden, wenigstens bemerkt Wansleb, daß es dort nur im Winter regne [99]), und dieses wird auch durch die Beobachtungen von Beauchamp zu Bagdad bewiesen [100]), nach denen von 23 Regentagen im Laufe des Jahres 1783 14 im Win-

96) Siber Kreta II, 37.

97) Korte Reise durch Egypten in Paulus Sammlung II, 177. 186.

98) Rüppel Reise S. 244.

99) Paulus Sammlung III, 18.

100) Cotte Mém. II, 251.

ter, 2 im Frühlinge, keiner im Sommer und 7 im Herbste eintraten.

Wie die Vertheilung der Regentage in den übrigen Welttheilen beschaffen sey, vermag ich aus Mangel an Beobachtungen nicht zu bestimmen. Die Militär-Chirurgen in den vereinigten Staaten haben an verschiedenen Orten zwar ebenfalls die Beschaffenheit des Wetters aufgezeichnet, aber die Art, wie Lovell die Resultate dieser Aufzeichnungen mitgetheilt hat, macht eine jede Vergleichung unmöglich. Im Allgemeinen werden die Tage in vier Abtheilungen gebracht: heitere, bewölkte, Regen- und Schneetage. Hätte der Bearbeiter dieser Tagebücher angegeben, wie oft es geregnet oder geschneit hätte, so ließe sich diese Zusammenstellung benutzen. Da nun aber die Summe der zu diesen vier Rubriken gehörigen Tage gleich der Zahl der Tage im Laufe des Monates, und da ein Regentag auch meistens ein bewölkter ist, da das Wetter an demselben Tage zugleich heiter und bewölkt mit Regen seyn kann, so ist begreiflich, daß auf diese Art die Zahl der Regentage zu klein wird, und es wird eine Vergleichung dieser Beobachtungen wahrscheinlich nur zu irrigen Resultaten führen.

Blicken wir jetzt auf die wichtigsten Resultate zurück, welche wir über die Entstehung und Vertheilung des Regens kennen gelernt haben, so beweisen alle Thatsachen die Richtigkeit des von Hutton entwickelten Satzes, daß nämlich sogleich ein Niederschlag erfolgt, sobald zwei mit Dämpfen fast gesättigte Luftmassen von ungleicher Temperatur mit einander gemischt werden. Wenn auch die bisher angestellten Messungen des Niederschlages nur in einem kleinen Theile der Erde in hinreichender Vollständigkeit vorgenommen sind, so können wir doch folgende Gesetze als der Wahrheit nahe kommend aufstellen:

1) In einigen Gegenden der Erde regnet es fast gar nicht, indem die stark erwärmte Luft nicht so viel Dämpfe enthält, daß selbst bei starker Temperaturdepression ein Nieder-

schlag Statt finden könne. Zu diesen gehören die großen, fast aller Vegetation beraubten Ebenen außerhalb der Wendekreise. Die Sahara bietet uns das merkwürdigste Beyspiel dieser Art dar.

2) Auf dem hohen Meere ist der Regen da sehr selten, wo der Passat mit großer Regelmäßigkeit weht. In den Gegenden, welche an der Polargränze der Passate liegen, regnet es nur, wenn sich die Sonne in der entgegengesetzten Halbkugel befindet. An den Aequatorialgränzen beider Passate dagegen finden das ganze Jahr hindurch reichliche Niederschläge Statt.

3) Zwischen den Wendekreisen giebt es nur zwei Jahreszeiten, die trockene und die nasse. Letztere findet dann Statt, wenn sich die Sonne in derselben Halbkugel befindet, in welcher der Ort liegt; die Gränze der Gegend, in welcher es regnet, rückt zugleich mit der Sonne nach Norden und nach Süden. Am stärksten scheinen die Regen an einem Orte dann zu seyn, wenn sich die Sonne im Zenith desselben befindet.

4) Nur Hindostan macht von dieser Regel eine Ausnahme, indem die Regenzeit auf der östlichen Küste zur Zeit des NO-Moussons, auf der westlichen zur Zeit des SW-Moussons Statt findet. Die Insel Ceylon zeigt uns diesen Wechsel im Kleinen ebenfalls.

5) Das Verhalten des Regens zur Zeit der nassen Jahreszeit weicht von dem in unseren Gegenden sehr bedeutend ab. Während es in unsern Gegenden sehr häufig Tag und Nacht ohne Unterbrechung regnet, geht die Sonne zwischen den Wendekreisen bei heiterem Himmel auf, erst gegen Mittag bilden sich die Wolken, zur Zeit der größten Tageswärme

erfolgt ein mehr oder minder starker Regen, und beim Sonnenuntergange ist der Himmel gewöhnlich heiter.

6) Entfernt man sich an der Westküste des alten Continents gegen Norden, so finden wir in Portugal eine Region, in welcher die Sommerregen fast ganz fehlen, wahrscheinlich, weil der aufsteigende heiße Luftstrom der Sahara den Niederschlag in den oberen Schichten der Atmosphäre verhindert.

7) Nördlich von den Pyrenäen dagegen finden wir fast das ganze Jahr hindurch mehr oder weniger reichliche Niederschläge.

8) Untersuchen wir die Bedingungen, unter denen sich der Regen in dem nördlich von Pyrenäen und Alpen liegenden Theile von Europa vorzüglich zeigt, so lassen sich hier zwei Gruppen von Climaten unterscheiden, welche ich die von Mittel-Europa und Schweden nenne. In jener regnet es vorzugsweise bei westlichen Winden, deren Richtung in einzelnen Gegenden durch Gebirge abgeändert wird; indem aber diese westlichen Winde den Kamm der scandinavischen Gebirge erreichen, verlieren sie ihr Wasser und daher sind in Schweden die östlichen Winde die Regen bringenden. Dieses Verhältniß zeigt sich auch in Finnland und läßt sich wahrscheinlich noch tief in das Innere von Rußland verfolgen. Petersburg und Moscau scheinen an der Gränze beider Gruppen von Climaten zu liegen, und daher finden wir an keinem von beiden Orten einen vorherrschenden Regenwind.

9) Wenn wir von der Westküste Englands nach dem Innern von Europa übergehen, so nimmt sowohl die Menge

des jährlich herabfallenden Wassers als auch die Zahl der Regentage ab, und nur an der Gränze der erwähnten climatischen Gruppen scheint die Zahl der Niederschläge bedeutender zu werden.

10) Daneben ändert sich zugleich die Vertheilung des Regens im Jahre. An der Westküste Englands sind die Regen im Winter bedeutender als die Sommerregen, so wie wir aber tiefer landeinwärts gehen, erhalten diese das Uebergewicht über jene. Am auffallendsten tritt dieser Gegensatz zwischen dem Continental- und See-Clima in Scandinavien hervor, indem westlich von der Bergkette die Winterregen sehr reichlich sind, während sie in Schweden fast ganz fehlen. Dieselbe Zunahme des Uebergewichts der Sommerregen, welche uns die Entfernung von der Küste des atlantischen Meeres zeigt, treffen wir auch an, wenn wir höher in die Atmosphäre steigen.

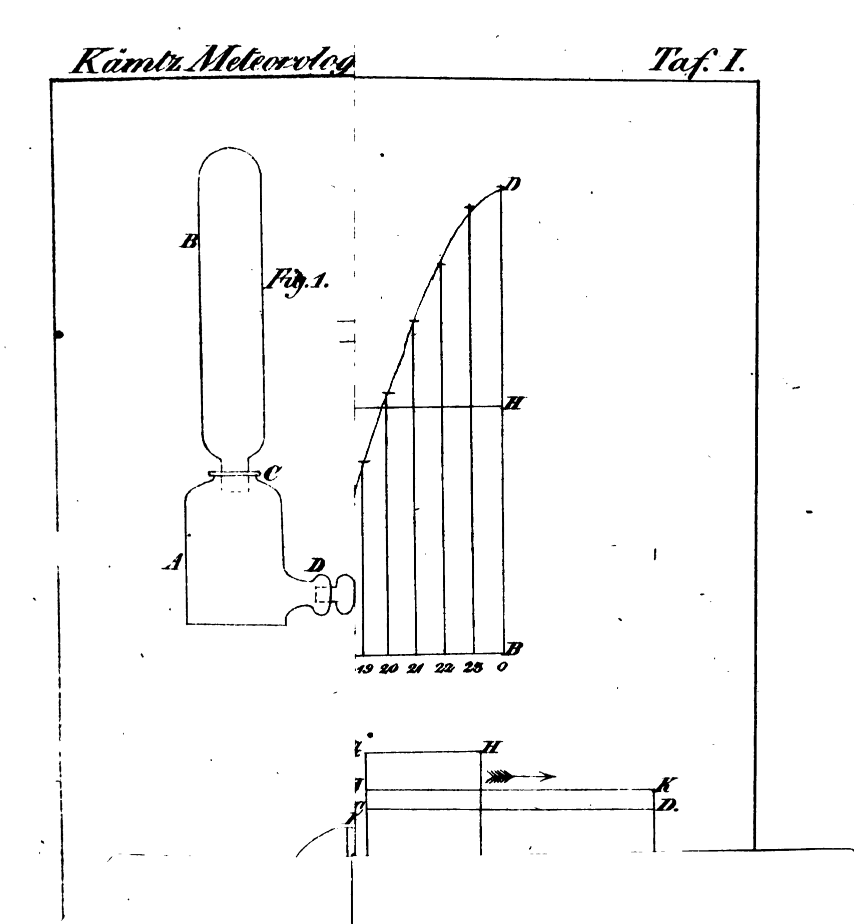
11) Eine besondere climatische Gruppe bilden das südliche Frankreich und Italien. Der heiße Luftstrom der Sahara verhindert zur Zeit seiner größten Lebhaftigkeit im Sommer die Condensation der Dämpfe, und daher fehlen dann die Regen fast ganz. Steigen wir das Thal der Rhone aufwärts, so wird der Einfluß des Windes durch die Unebenheiten des Bodens geschwächt und die Sommerregen nehmen zu. Aehnliche Störungen bewirken die Apenninen in Italien, und daher haben Clima und Vegetation der Gegend von Genua einen ganz andern Charakter, als in der Lombardei. Verfolgt man aber die Vertheilung des Regens in der Ebene zwischen Alpen und Apenninen, so findet man auch hier dieselbe Zunahme der Sommerregen mit der Entfernung von der Küste, als im übrigen Europa.

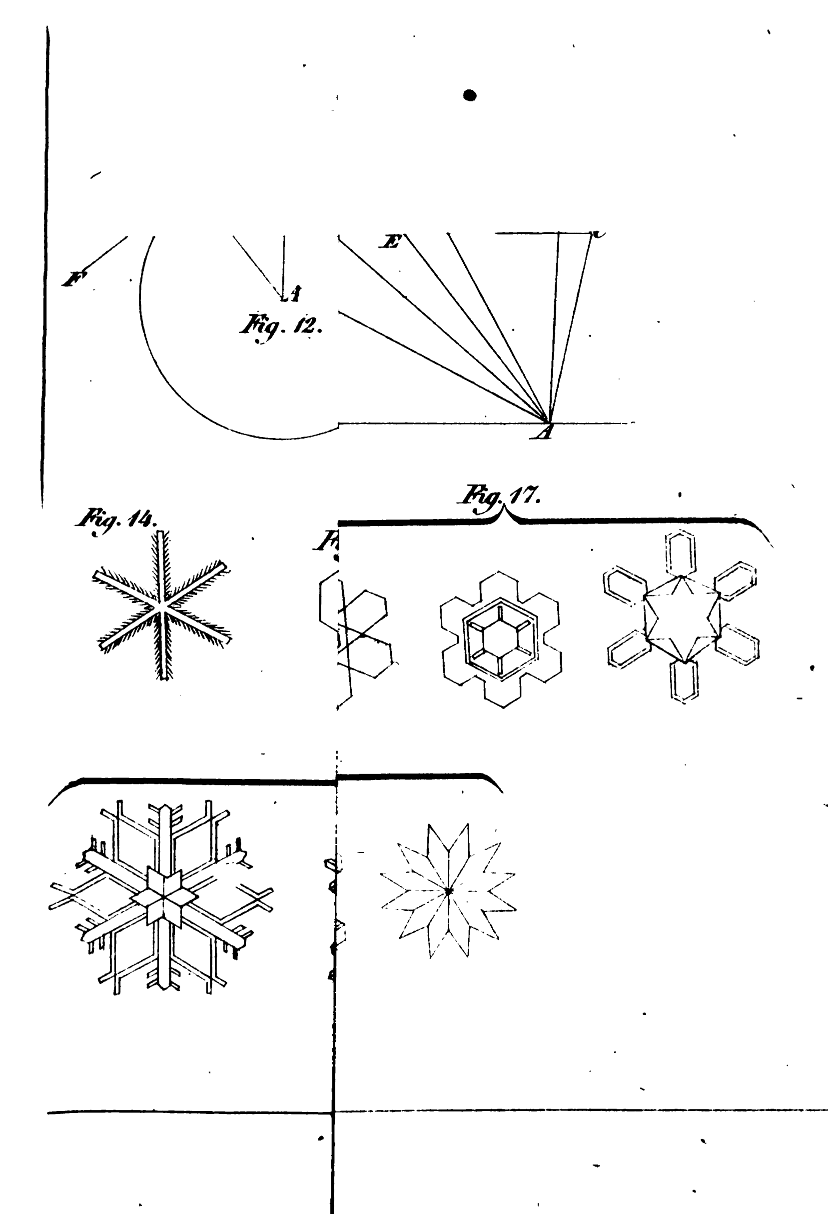
12) Der für Europa gegebene Gegensatz zwischen Continental- und See-Clima scheint sich auch in anderen Welttheilen zu zeigen, wenigstens ist dieses der Fall an der Westküste America's und in Neu-Holland.

13) Künftige Beobachtungen müssen zeigen, ob wir an der Ostküste America's einen allmähligen Uebergang von den Regenverhältnissen höherer Breiten zu denen der Aequinoctialgegenden finden, so daß wir an der Küste selbst weiter nach Süden ein immer größeres Uebergewicht der Sommerregen antreffen, bis wir endlich tropische Regen erhalten; oder ob die höheren Breiten von den niederen eben so wie an der Westküste Europa's durch eine Region getrennt sind, in welcher die Sommerregen ganz fehlen.

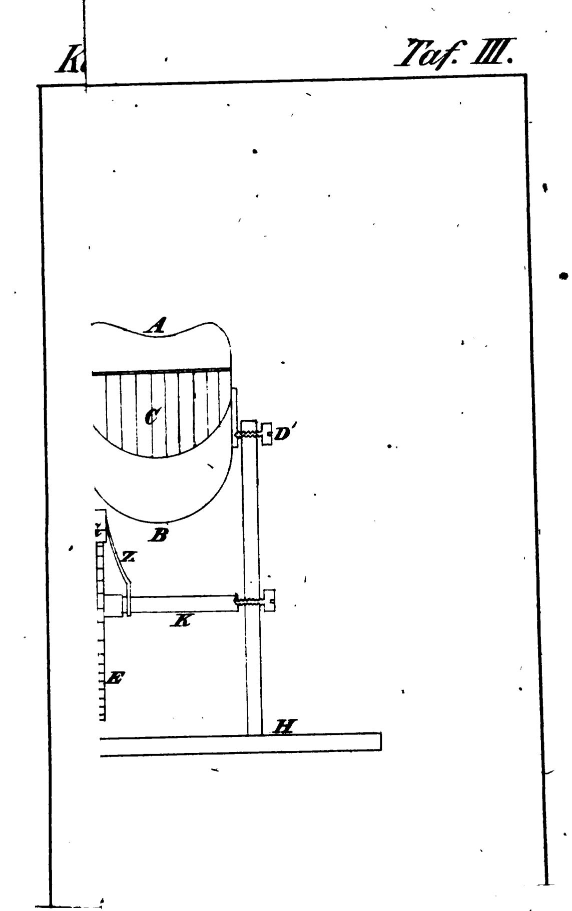
Druckfehler.

S. 22 Z. 3 von unten lese man des Ganzen statt das Ganze.
— 85 — 8 lies Maximum für Minimum.
— 90 letzte Z. l. unseren st. näheren.
— 96 Z. 19 l. unmittelbar st. unmittelbaren.
— 107 — 22 l. Medium st. Minimum.
— — — 26 l. diese st. jene.
— 111 — 31 l. zu solchen Zeiten st. zu Zeiten.
— 127 — 6 gehört die Anm. 37) zu Capstadt.
— 128 — 16 ist zu lesen: die Wärme des April im Allgemeinen etwas zu klein, die des October etwas zu groß.
— 128 Z. 23 l. verglichen st. versehen.
— 129 — 3 l. unterscheidet st. entscheidet.
— 130 — 12 l. Polarkreise st. Wendekreise.
— — — 23 l. eintheilen st. mittheilen.
— 135 — 6 l. Höhe st. Hitze.
— — — 16 l. Westküste st. Ostküste.
— 151 — 27 l. Strömungen st. Störungen.
— 158 — 8 l. Anemometer st. Barometer.
— 195 — 6 l. eben so wenig st. eben wenig.
— 201 — 17 setze man hinter das zweite ebenfalls „Moussons."
— 207 — 26 l. wir st. sich.
— 267 — 1 ist zu lesen: Als Burckhardt nach seiner Reise durch die nubische Wüste.
— — — 12 l. trockner Luft auf feuchte Körper st. feuchter Luft auf trockne Körper.
— 312 — 3 v. u. l. welche die Atmosphäre, bei dieser Temperatur enthalten kann.
— 383 — 18 füge man hinzu Fig. 12.


B
Fig. 1.
C
A
D
D
H
B
19
20
21
22
23
0
H
K
D.


F
A
Fig. 12.
E
A
Fig. 17.
Fig. 14.

Taf. III.




LIBERTÉ
ET
PATRIE

